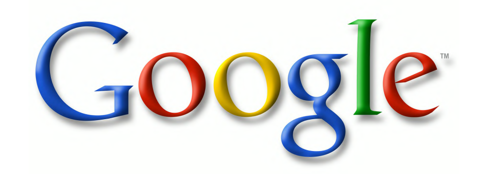
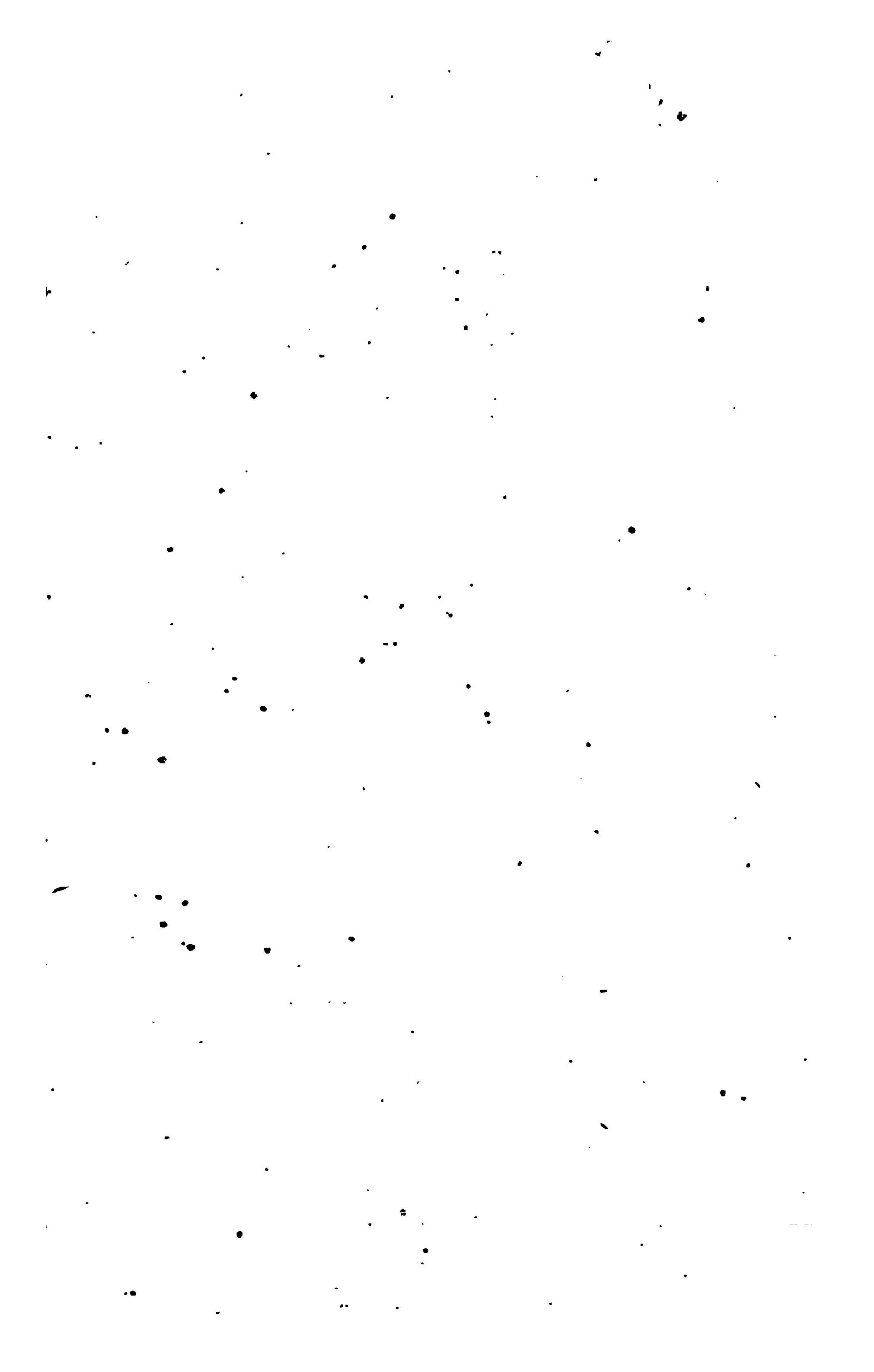






Dominique François Jean

(Franz) Arago('s)

sämmtliche Werke.

Mit einer Einleitung

von

Alexander von Humboldt.

Deutsche Original-Ausgabe.

Herausgegeben

von

Dr. W. G. Hankel

ord. Professor der Physik an der Universität Leipzig.

Dreizehnter Band.

Leipzig
Verlag von Otto Wigand.
1856.

Populäre Astronomie

von

Franz Arago.

(Nach der von J. A. Barral besorgten französischen Ausgabe.)

Deutsche Original-Ausgabe.

Herausgegeben

von

Dr. W. G. Hankel
ord. Professor der Physik an der Universität Leipzig.

Dritter Band.

Leipzig
Verlag von Otto Wigand.
1856.



Populäre Astronomie

mit einigen Nachträgen und Bemerkungen versehen, welche in der französischen Ausgabe nicht enthalten sind.

Dritter Band.



Zweiundzwanzigstes Buch.

Die Erde.

Erstes Kapitel.

Numerische Angaben.

Die Erde ist ein Planet.

Isolirt im Raume und ohne Unterstützung irgend einer Art vollendet die Erde ihren Umlauf um die Sonne in nahe 365 1/4 Tagen, oder genauer in 365 Tagen 6 Stunden 9 Minuten 10,7496 Secunden. Die Geschwindigkeit, mit welcher sie ihre Bahn durchläuft, beträgt in der Secunde 30400 Meter oder 4,1 geogr. Meilen.

Die Astronomie hat die Gestalt und Größe der Erde bestimmt. In dem Maaße, als man sich von den Körpern weiter entfernt, verschwinden die Details, und die Umrisse im Großen treten mehr und mehr hervor; so würde auch die Erde, wenn sie bis in eine bedeutende Entfernung, z. B. bis in die Gegend des Mondes entrückt würde, uns den Anblick eines kugelförmigen Balles darbieten; sie würde uns rund und leuchtend wie unser Mond erscheinen, und alle 24 Stunden eine Umdrehung um sich selbst zeigen.

In Wirklichkeit ist die Erde ellipsoidisch. Die kürzeste ihrer Axen ist diejenige, um welche ihre Umdrehung erfolgt; die längste steht auf der ebengenannten senkrecht.

Der längste Halbmesser der Erdkugel beträgt 6377398,1 Meter oder in runden Zahlen 859,4 Meilen.

Der kürzeste hat 6356079,9 Meter oder 856,6 Meilen.

Der Unterschied zwischen diesen beiden Halbmessern, oder die sogenannte Abplattung unserer Erde beträgt in runden Zahlen 2,8 Meilen oder genauer 21318,2 Meter, also $\frac{1}{299{,}15}$ oder ungefähr $\frac{1}{300}$ des größten Erdhalbmessers[1]).

Die Erde dreht sich in einem Tage um ihren kürzesten Durchmesser, den man deßhalb ihre Umdrehungsaxe nennt; die Endpunkte dieser Axe sind die beiden Erdpole. Denken wir uns eine Ebene senkrecht auf diese Axe durch den Mittelpunkt der Erde gelegt, so ist diese der Erdäquator, welcher einen Kreis bildet, dessen Halbmesser der längste Radius des von uns bewohnten Ellipsoides ist.

Die Umdrehungsgeschwindigkeit der verschiedenen Punkte auf der Oberfläche der Erde, die sie infolge der täglichen Bewegung besitzen, ist sehr ungleich; sie ist Null für die an den Polen gelegenen Punkte und steigt bis zu 1500 Fuß in der Secunde oder 225 Meilen in der Stunde für die auf dem Aequator gelegenen.

Macht man die Annahme, die sich übrigens nicht viel von der Wahrheit entfernt, daß die Erde eine genaue Kugel sei, so enthält der Umfang eines größten Kreises derselben 40000000 Meter, (denn nach getroffener Festsetzung soll bekanntlich der vierte Theil eines Meridians dieser Kugel 10000000 Meter betragen) oder 5400 Meilen.

Die Masse der Erde ist beinahe der $^1/_{350000}$ Theil der Sonnenmasse. Ihre mittlere Dichtigkeit ist etwas mehr als fünf Mal so groß als die des Wassers, also größer als die Dichtigkeit des Schwerspaths, ungefähr gleich der des Jods. Es scheint wunderbar, daß der Mensch vermocht hat, das Verhältniß der in der ganzen Erde enthaltenen materiellen Masse zu der in einem Glase Wasser vorhandenen anzugeben. Ich werde versuchen begreiflich zu machen, wie die Astronomie eine solche Messung mit Genauigkeit auszuführen und überhaupt alle zuvor in diesem Kapitel mitgetheilten numerischen Werthe zu bestimmen vermocht hat.

Zweites Kapitel.

Erste Bestimmung der Größenverhältnisse und der Gestalt der Erde.

Die Bestimmung der Gestalt der Erde scheint beim ersten Anblicke eine unlösbare Aufgabe zu sein. Denn wie soll man die allgemeine Gestalt eines Körpers finden, der von so vielen hohen Bergen bedeckt ist und von so vielen tiefen Thälern durchfurcht wird? Wer den Ocean gesehen hat, wird wohl begreifen, wie man den Entschluß fassen könnte, die allgemeine Gestalt des flüssigen Theiles unsers Erdkörpers zu bestimmen; aber diese Untersuchung auf die Festländer ausdehnen, das würde ihm als ein Unternehmen erscheinen, welches keinen Erfolg haben könnte. Betrachten wir indeß die Sache näher.

Man hat oft die Bemerkung gemacht, daß die Unebenheiten, womit die Schaale einer Orange bedeckt ist, nicht hindern, daß die Gestalt dieser Frucht im Allgemeinen allen Menschen für kugelförmig gilt. Sollte nun die Erde nicht möglicher Weise solche Dimensionen besitzen, daß im Verhältniß zu diesen ihre höchsten Berge kleiner wären als die Hervorragungen auf einer Orangenschaale, wenn man letztere mit dem ganzen Durchmesser der Frucht vergleicht? Ausgeführte Messungen sollen uns hierüber Aufklärung verschaffen.

Wenn die Oberfläche des Meeres nicht vom Winde bewegt wird, so ist sie gekrümmt; dies ergibt sich deutlich aus der Art und Weise, wie ein Schiff, das sich von der Küste entfernt, verschwindet. Die sichtbare Grenze des Meeres, d. h. die blaue Linie, welche scheinbar den Himmel von dem Wasser trennt, verdeckt zuerst die untern Theile des Schiffes (Fig. 227 und 228); je weiter dasselbe sich entfernt, desto mehr verliert man die untern Segel aus dem Gesichte; die Spitzen der Masten verschwinden zuletzt. Wenn das Schiff dagegen sich auf einer ebenen Fläche bewegte, wenn es nur infolge der Verkleinerung des Sehwinkels verschwände, so würde man Alles, Verdeck, Segel und die Spitzen der Masten auf einmal aus den Augen verlieren.

Der Theil eines Schiffes, welcher in einer gegebenen Entfernung verschwunden ist, mißt in gewisser Weise die Krümmung des Oceans in der Richtung, nach welcher die Beobachtung geschah. Wie nun



Fig. 227. — Bestimmung der Krümmung der Erdoberfläche durch das Verschwinden eines sich von der Küste entfernenden Schiffes.

aber auch diese Richtung in Bezug auf die Nordsüdlinie liegen mag, stets wird, wenn die Entfernung des Schiffes vom Beobachter unge-



Fig. 228. — Stellungen, welche das Schiff nach einander in Bezug auf den Horizont der Küste, von der es sich entfernt, einnimmt.

ändert bleibt, ein gleich großer Theil desselben verschwinden. Daraus schließt man mit Recht, daß die Krümmung des Oceans in allen Richtungen dieselbe ist; eine Eigenschaft, welche nur der Kugel zukommt.

Diese unvollkommenen Verfahrungsweisen wollen wir nun durch genaue Beobachtungsmittel, die jedoch nur auf dem festen Lande in Anwendung gebracht werden können, ersetzen. Es ist übrigens leicht einzusehen, daß man durch diese Operationen auf den Continenten sehr nahe eine Bestimmung der Gestalt des flüssigen Theiles unseres Erdkörpers erhalten muß.

Die Continente werden nämlich in ihrer größten Erstreckung von Flüssen durchschnitten, die sich dem Meere zuwenden, und deren langsamer Lauf hinreichend anzeigt, daß ihr Wasserspiegel wenig über den

Ort erhaben ist, welchen die Meeresfläche einnehmen würde, wenn man dieselbe bis in das Innere der Continente fortgesetzt denkt.

Im Allgemeinen liegen die Ufer der Flüsse mit den Wasserspiegeln derselben nahe in gleichem Niveau; es leuchtet daher sogleich ein, daß man durch Messungen auf dem festen Lande dieselben Resultate finden muß, als wenn es möglich wäre, genaue Beobachtungen auf dem Meere selbst auszuführen.

Uebrigens wird sich ergeben, welchen Fehlern wir in dieser Beziehung ausgesetzt sein können, sobald wir die in den gebirgigsten Ländern ausgeführten Messungen mit den am Meeresufer selbst angestellten vergleichen.

Das Bleiloth hat eine gegen die Oberfläche des ruhigen, d. h. des nicht bewegten Wassers senkrechte Lage (Fig. 229); denn es zeigt diejenige Richtung an, in welcher alle Theilchen, welche diese Flüssig-

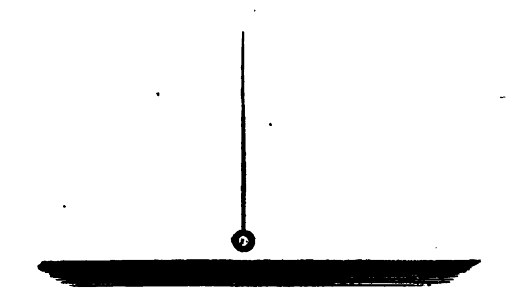


Fig. 229. — Bleiloth, senkrecht auf der Oberfläche des ruhenden Wassers.

keit bilden, zu fallen streben. Da nun die Flüssigkeitstheilchen äußerst leicht verschiebbar sind, so würden die an der Oberfläche gelegenen Molecüle, wenn sie nicht in ihrer Gesammtheit eine auf der Richtung jener Kraft, welche sie von oben nach unten treibt, senkrechte Fläche bildeten, ihren Ort ändern, was aber der Voraussetzung, von der wir ausgingen, daß nämlich die Oberfläche der Flüssigkeit in Ruhe sein sollte, entgegen wäre.

Diese Ruhe steht in dem von uns in Betracht gezogenen Falle in keiner Weise mit dem Vorhandensein einer Kraft, welche die Moleküle zum Fallen antreibt, im Widerspruche, weil dieses Bestreben zu fallen durch die fast vollständige Incompressibilität der Flüssigkeiten aufgehoben wird.

Ein ganz directes Verfahren, um die Gestalt einer krummen Linie oder Oberfläche zu bestimmen, besteht darin, senkrechte Linien, sogenannte Normalen, auf ihnen zu errichten. An solchen Stellen nun, wo die Krümmung beträchtlich ist, bedarf es nur einer geringen Verrückung auf dem Umfange der krummen Linie oder der krummen Oberfläche, damit die Normalen im Anfangs- und im Endpunkte der Verrückung mit einander einen Winkel von z. B. einem Grade bilden. Wo die Krümmung geringer ist, wird eine größere Verrückung als zuvor erfordert, wenn zwei Normalen mit einander ebenfalls einen Winkel von 1° bilden sollen. Der Leser wird dies leicht durch einen Blick auf Fig. 230 erkennen, aus welcher erhellt, daß für einen und denselben Winkel O der Normalen N und N′, und M und M′ die Verrückung AB viel größer ist als die Verrückung CD, weil die Krümmung in AB kleiner ist, als in CD.

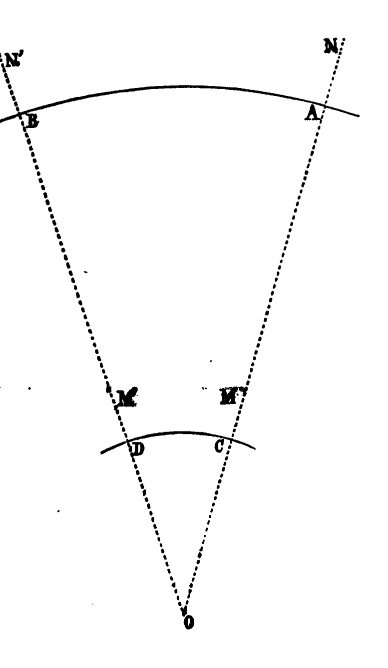


Fig. 230. — Die Verrückung auf der Oberfläche eines Körpers ist für einen und denselben Winkel zweier Normalen um so größer, je kleiner die Krümmung derselben ist.

Wenn sich die krumme Linie oder Oberfläche einer geraden Linie oder einer Ebene nähert, so würde selbst eine sehr beträchtliche

Verrückung den Parallelismus der Normalen nicht merklich ändern können (Fig. 231).



Fig. 231. — Angenäherter Parallelismus zweier Normalen auf einer Oberfläche, die wenig von einer Ebene abweicht.

Um die Gestalt der Erde und, wenn sie statthaben sollte, ihre Regelmäßigkeit auszumitteln, muß man ein Mittel erfinden, um die gegenseitigen Neigungen zweier durch mehr oder weniger entfernte Punkte gehenden Normalen zu bestimmen. Die Normalen sind, wie wir gesehen haben, die Richtungen des Bleilothes; es reducirt sich also die Aufgabe auf die Bestimmung des Winkels, welchen die Verticale eines Ortes mit der Verticalen eines andern bildet.

Durch genaue Beobachtungen haben wir gefunden, daß der von den nach zwei Sternen gezogenen Gesichtslinien gebildete Winkel derselbe bleibt, nach welchem Orte des Erdballs auch der Beobachter sich begeben möge. (Bd. 11. S. 190.) Hieraus folgt, daß die von einem gegebenen Sterne nach beliebigen Punkten der Erde gezogenen Linien als genau parallel mit einander betrachtet werden können. Wir haben also eine unveränderliche Marke, auf welche wir das Bleiloth, die Verticale, kurz die Linie, welche das Zenith angibt, werden beziehen können.

Dies vorausgesetzt, wollen wir durch die Verticale eines gegebenen Ortes und durch die Weltaxe eine Ebene gelegt denken. Diese Ebene wird mit unserer Erde einen krummlinigen Durchschnitt geben, welcher der Meridian dieses Ortes heißt (Bd. 11. S. 227). Wir messen nun den Winkel zwischen der Verticale AV dieses Ortes A und der Linie Ae, die nach einem der Circumpolarsterne e gezogen ist; was sich sehr leicht im Augenblicke des Durchgangs dieses Sternes durch den Meridian ausführen läßt. Dann machen wir die weitere An-

nahme, daß der Beobachter nach jener Messung von A nach B (Fig. 232) z. B. nach Süden hin fortgehe, ohne den Meridian zu verlassen, bis die Verticale BW seiner zweiten Station mit der Gesichtslinie Be, die denselben Circumpolarstern e trifft, einen um 1° größern Winkel macht, als die erste Verticale AV mit der Gesichtslinie Ae. Wir setzen ferner voraus, daß die Verticale BW der zweiten Station in der Meridianebene der ersten enthalten sei, was, wie wir später sehen werden, keinen Fehler in unsere Schlußfolgerungen bringen kann. Der von den Verticalen der beiden Stationen gebildete Winkel VOW oder der Bogen der Himmelskugel, welcher zwischen den beiden Zenithen V und W liegt, wird ebenfalls 1° betragen, wie sich dies leicht durch Anwendung der bekannten geometrischen Lehrsätze über Parallellinien und ihre Schneidenden, und über die Summe aller drei Winkel eines Dreiecks (Bd. 11. S. 22 ff.) beweisen läßt.

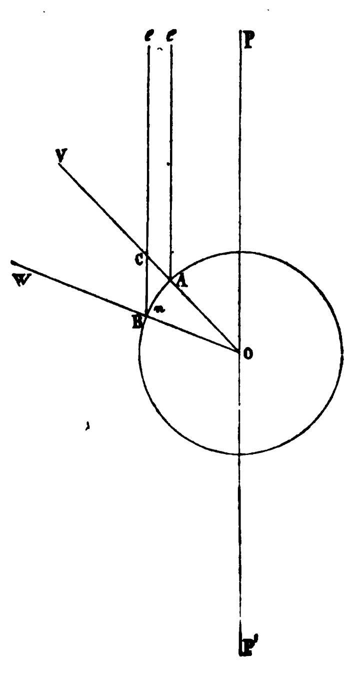


Fig. 232. — Princip der Messung eines Meridianbogens von 1°.

Da nämlich der Winkel WBe einen Außenwinkel an dem Dreiecke CBO bildet, so ist er gleich der Summe der beiden gegenüberliegenden Winkel BCO und VOW. Aber der Winkel BCO ist gleich seinem Scheitelwinkel VCe, und letzterer ist als Wechselwinkel zwischen den Parallelen Ce und Ae, die von VA geschnitten werden, gleich dem Winkel VAe. Der Winkel VOW zwischen den beiden Normalen ist folglich gleich dem Unterschiede der beiden Winkel WBe und VAe.

Wenn nun der Beobachter bei seiner Wanderung von der ersten Station zur zweiten auf der Erdoberfläche die Wegelänge oder die Zahl der zwischen beiden Stationen liegenden Toisen bestimmt hat, so wird er damit die Größe eines Erdgrades gefunden haben.

Das zuvorbeschriebene Verfahren heißt in der Astronomie eine Meridiangradmessung.

Wie man sieht, beruht diese Messung auf zwei verschiedenen Operationen, erstens nämlich auf der Bestimmung der Verrückung, welche das Zenith beim Uebergange von der ersten Station zur zweiten erfährt, und zweitens auf dem Verfahren, den zwischen diesen beiden Stationen liegenden Raum auf der Erdoberfläche auszuwerthen.

Solche Messungen sind nun in fast allen Gegenden der Erde ausgeführt worden.

Wenn wir von der Zeit anfangen, wo man sich zuerst zur Messung des Bogens auf der Erde und am Himmel genauer Methoden bedient hat, so finden wir, daß in Frankreich Picard 1669 die Länge eines Grades zu 57060 Toisen erhielt.

Picard hatte seine Operationen zwischen Paris und Amiens ausgeführt; seine Messung wurde bis Dünkirchen und Collioure fortgesetzt von Dominicus Cassini und La Hire. Dieses neue um 1683 begonnene Unternehmen konnte erst gegen 1718 beendigt werden; es wurde im Jahre 1739 von Dünkirchen bis Perpignan durch François Cassini, (auch Cassini de Thury genannt) und Lacaille wiederholt. Von 1792 bis zum Ende des 18. Jahrhunderts verlängerte Méchain die Meridianmessung bis Barcelona in Spanien, während Delambre eine neue Bestimmung in Frankreich ausführte. Im Jahre 1803 unternahm Méchain eine zweite Reise nach Spanien, um den Meridian bis zu den Balearen zu verlängern; die Gefahren und die Anstrengungen, welche in Zeiten politischer Unruhen und Erschütterungen mit solchen Arbeiten verknüpft sind, führten den Tod des berühmten Akademikers herbei. Biot und ich wurden mit der Vollendung der angefangenen Operation betraut; wir entledigten uns dieses Auftrags von 1806 bis 1808, so daß der in Frankreich gemessene Bogen sich bis zu der kleinen Insel Formentera erstreckt[2]). Andererseits ward er von 1784 bis 1788 nordwärts bis zur greenwicher Sternwarte durch

den Generalmajor Roy verlängert, und so an die in England ausgeführten geodätischen Arbeiten angeschlossen. Aus allen diesen Messungen ergab sich die Größe des längsten Meridianbogens, der bis dahin gemessen worden war. Diese Bestimmung lieferte 57025 Toisen für die mittlere Größe eines Bogens von 1° in Frankreich.

Im Jahre 1736 begab sich eine aus Maupertuis, Clairaut, Camus, Lemonnier und Outhier bestehende Commission der pariser Akademie der Wissenschaften nach Lappland, um in jenen nördlichen Gegenden einen Bogen zu messen; den französischen Astronomen schloß sich der schwedische Astronom Celsius an. Man fand 57419 Toisen für die Länge eines Bogens von 1°. Zu Anfange dieses Jahrhunderts von 1801 bis 1803 hat der Astronom Svanberg mit Ofverbom, Holmquist und Palander die Operationen der französischen Commission wieder aufgenommen, und 57196 Toisen als Länge eines Grades in Lappland erhalten[3]).

Während dieser geodätischen Expedition nach den nördlichen Gegenden begab sich eine andere Commission der Akademie der Wissenschaften in die südliche Halbkugel nach Peru. Godin, Bouguer und La Condamine, unterstützt von zwei spanischen Officieren, Juan und Antonio Ulloa gelang es, ihren Auftrag nach zehnjährigen unausgesetzten Arbeiten von 1735 bis 1745 zu erfüllen. Diese Messung gab 56737 Toisen als Länge eines Erdgrades in Peru[4]).

Eine andere Messung wurde im Jahre 1768 von den Astronomen Mason und Dixon in Nordamerika, auf der Grenze von Pennsylvanien und Maryland, auf einer Halbinsel ausgeführt, die sich zwischen der Chesapeack- und Delawarebai in das atlantische Meer erstreckt; sie hat 56888 Toisen als Länge eines Erdmeridiangrades gegeben.

Lacaille fand 1752 für einen Meridiangrad am Cap der guten Hoffnung, in der südlichen Halbkugel, 57037 Toisen[5]).

In Bengalen erhielt 1802 und 1803 der Oberst Lambton 56762 Toisen für einen Grad des durch Trivandeporum und Paudree gehenden Meridianbogens[6]).

Eine zweite vom Oberst Lambton in Ostindien begonnene Meridianmessung wurde 1825 von Kapitän Everest vollendet. Diese

geodätische Operation, welche sich von Punnä bis Kulliampoor erstreckt, ist eine der größten, welche ausgeführt worden sind; sie hat 56773 Toisen als mittlere Länge eines Grades gegeben.

Der behufs eines Anschlusses der französischen geodätischen Messungen an die englischen seit 1784 von dem Generalmajor Roy unternommenen Operationen habe ich schon zuvor gedacht. Der General William Mudge hat während der Jahre 1800, 1801 und 1802 die Messung des Meridianbogens zwischen Dunnose auf der Insel Wight und Clifton in Yorkshire ausgeführt. Diese Arbeit gab 57066 Toisen für die Länge eines Grades in England [7]).

Die Patres Maire und Boscovich erhielten 1754 als Länge eines Meridiangrades zwischen Rom und Rimini 56973 Toisen.

In den Jahren 1762 und 1763 hat der Pater Beccaria 57468 Toisen für einen Grad in Piemont gefunden.

Die turiner Astronomen Carlini und Plana haben die Messung eines Meridiangrades in Piemont in den Jahren 1821, 1822 und 1823 wieder vorgenommen, und 57687 Toisen als mittlere Länge eines Grades zwischen den Stationen Andrate und Mondovi erhalten.

Nach den um 1768 ausgeführten Messungen gibt der Pater Liesganig 56881 Toisen für einen Grad in Ungarn und 57086 Toisen für einen Grad in Oestreich in der Nähe von Wien.

Von 1821 bis 1831 hat Wilhelm Struve mit Beihülfe des Kapitän Wrangel und einiger andern russischen Officiere und Astronomen die Messung des Meridians von Dorpat zwischen den Parallelen von der Insel Hochland im finnischen Meerbusen und von Jakobstadt in Curland ausgeführt. Diese Operation lieferte 57136 Toisen als Länge eines Grades [8]).

Die in Hannover von 1821 bis 1824 durch Gauß geleiteten geodätischen Messungen haben 57127 Toisen als mittlere Länge eines Meridiangrades zwischen Göttingen und Altona ergeben.

Zur selben Zeit fand Schumacher 57093 Toisen für die Länge eines Meridiangrades in Dänemark zwischen Lauenburg und Lyssabel.

Bessel und Bayer haben von 1831 bis 1836 die Messung des Meridians von Trunz, Königsberg und Memel ausgeführt, und 57144 Toisen für die Länge eines Grades in Ostpreußen erhalten [9]).

Die in dieser historischen Uebersicht erwähnte Toise ist die des alten Maaßstabes (Etalon) der Akademie der Wissenschaften, welcher zu den ersten Operationen der französischen Akademiker in Peru gedient hat. Dieser eiserne Maaßstab wird bei der Temperatur von 13° R. oder $16^1/_4$° C. zu genau 2 Toisen angenommen.

Die zahlreichen im Vorhergehenden angeführten Messungen stimmen so nahe überein, daß man sie bei einer ersten Annäherung als gleich betrachten darf, und berechtigt ist, bei allgemeinen Betrachtungen die Erde als kugelförmig zu betrachten, ohne einen merklichen Fehler zu begehen.

Man kann annehmen, daß der mittlere Grad 57000 Toisen oder 25 alte Lieues, jede von 2280 Toisen, ($14^{98}/_{100}$ geogr. M.) beträgt.

Multiplicirt man den mittleren Werth eines Grades mit 360, der Zahl der in einem Kreisumfange enthaltenen Grade, so findet man die Länge des ganzen Umfanges der Erde in Toisen; sie ist 20520000 Toisen oder 9000 Lieues, von denen 25 auf einen Grad gehen. Nimmt man das bekannte Verhältniß des Umfanges eines Kreises zu seinem Durchmesser, wie ich solches in dem den geometrischen Vorbegriffen gewidmeten Buche des 11. Bandes S. 13 angeführt habe, zu Hülfe, so gelangt man zur Kenntniß des Durchmessers unserer Erde. Man wird auf diese Weise 2864 alte französische Lieues für den Durchmesser, und 1432 Lieues (859 geogr. M.) für den Halbmesser der Erde finden.

Später werde ich diese ersten Resultate verbessern, wenn ich die Verfahren beschreibe, durch welche man gefunden hat, daß die Erde an den Polen um ungefähr $^1/_{300}$ abgeplattet ist.

Man sieht, daß die Kenntniß der Dimensionen der Erde heutigen Tages auf zuverlässigen Messungen beruht, die vielfach mit vollem Erfolge wiederholt worden sind. Die Alten haben sich vergeblich bemüht, dieses von den Neuern so gut gelöste Problem aufzulösen. Aristoteles erwähnt in seiner Schrift De Coelo einer Art Stadium, welches der hunderttausendste Theil der Entfernung vom Pole nach dem Aequator gewesen sei; dieses Stadium sollte das Grundmaaß der asiatischen Längenmaaße sein. Es sollte auch sehr nahe zu der Elle führen, deren sich die Egypter zu Sesostris' Zeiten bedienten, und die Maaße

der alten Perser und Chaldäer könnten sich nach einfachen Verhältnissen daraus ergeben. Indeß ist es sehr schwer, jetzt anzugeben, worauf sich die Muthmaßungen der Mathematiker, von denen Aristoteles redet, stützten, und wir besitzen keine bestimmte Angabe über die wirkliche Länge dieses Stadiums, und folglich auch nicht über die damals der Erde zugeschriebene Größe.

Eratosthenes, der unter der Regierung der Ptolemäer lebte, scheint der erste gewesen zu sein, der eingesehen hat, daß man die infolge des Ueberganges von einem Orte zu einem andern erfolgte Verrückung des Zeniths mit der auf der Oberfläche der Erde zwischen den Parallelkreisen dieser beiden Orte gemessenen Entfernung vergleichen müßte. Auf solche Weise gab er eine erste Annäherung für den Werth eines Erdgrades längs des Niles zwischen Syene und Alexandrien. Er hatte indeß weder den Bogen am Himmel noch den Bogen auf der Erde, welche die beiden Stationen trennten, mit hinreichender Genauigkeit gemessen. Posidonius und Ptolemäus erhielten für dieselben Messungen keine bessern Resultate. Die auf Befehl des arabischen Fürsten Almamun angewandten Verfahren konnten ebenfalls nicht zu größerer Genauigkeit führen. Im Anfange des 17. Jahrhunderts suchten Fernel für die Entfernung zwischen Paris und Amiens [10]), Snellius für die Entfernung zwischen Alcmaar und Bergen op Zoom, sowie Norwood in England mit einiger Sorgfalt die terrestrischen Längen zu erhalten. Aber erst Picard begann den zur Messung eines Erdgrades in Frankreich angewandten Methoden die Strenge zu geben, welche erforderlich war für eine Bestimmung von solcher Wichtigkeit, die den menschlichen Geist die wahren Entfernungen der zerstreut in dem unermeßlichen Raume befindlichen Welten kennen zu lehren vermag.

Drittes Kapitel.

Freischweben der Erde im Raume.

Nimmt man an, daß die Erde ein Planet ist, und ertheilt ihr eine Bewegung um die Sonne und um ihre Axe, so erkennt man da-

mit zugleich an, daß sie im Raume isolirt ist und von selbst in dem Leeren sich hält, ohne auf irgend einer materiellen Unterstützung zu ruhen. Diese Isolirung aber, so wunderbar sie auf den ersten Blick auch erscheinen mag, ist eine vollständig sichere Thatsache. Ein Reisender, der von Europa aufbricht und seinen Weg nach Osten oder nach Westen nimmt, gelangt zu dem Orte seiner Abreise zurück, ohne bei seiner Reise auf irgend ein unübersteigliches Hinderniß gestoßen zu sein.

Wollte man, wie einige Philosophen des Alterthums gethan haben, annehmen, daß die Erde an beiden Polen auf Zapfen ruhe, so würde ich erwidern, daß solche Zapfen nicht existiren können, weil die Kometen sich selbst in den Polargegenden frei bewegen.

Die Erde, sagt man, würde fallen, wenn sie im Raume frei schwebte. Ein solcher Einwand beruht aber auf einer falsch verstandenen Verallgemeinerung der Idee der Schwere, und das Wort Fallen hat auf unsern Erdkörper angewandt keinen Sinn. Denn ein Körper, welcher fällt, ist derjenige, der, zuvor aufgehangen, sich der Erde nähert, sobald er sich selbst überlassen wird. Wenn ein Körper fällt, so ist, von dem Punkte seines Ausganges gerechnet, nicht Alles symmetrisch; die Erdmasse, deren Gegenwart eine Ursache der Anziehung wird, befindet sich nur unterhalb des fallenden Körpers; oberhalb desselben gibt es, wenigstens bis auf eine ungeheure Entfernung hin, Nichts, was eine eigene Kraft entwickeln könnte, um jene erste im Gleichgewichte zu halten. Rings um unsere Erde aber, dieselbe in ihrer Gesammtheit als einen schweren Körper betrachtet, gibt es keine besondere Kraft, welche dieselbe mehr nach der einen als nach der andern Richtung hinzutreiben vermöchte; das Freischweben der Erde im Raume ist also nur etwas sehr Natürliches, und das Wort Fallen würde auf dieselbe nicht angewendet werden dürfen.

Viertes Kapitel.

Theorie der Umdrehungsbewegung der Erde.

Wir haben im vorhergehenden Bande S. 203 gesehen, daß die Complication in den scheinbaren Bewegungen der Planeten nur verschwindet, wenn man die Hypothese von der Unbeweglichkeit der Erde im Mittelpunkte des Weltalls aufgibt, und dagegen annimmt, daß die Erde in einem Jahre eine Ellipse durchläuft, in deren einem Brennpunkte sich die Sonne befindet. Indeß sind Bd. 11. S. 183 die Erscheinungen beschrieben worden, welche das gestirnte Himmelsgewölbe darbietet, wenn man die Erde als unbeweglich betrachtet; es wird also nöthig, jetzt nun die Erklärungen zu prüfen, die man unter der Voraussetzung, daß die Erde beweglich sei und zu den Planeten gezählt werden müsse, von der täglichen Bewegung geben kann, d. h. von jener Bewegung, welche tagtäglich alle Sterne von Osten nach Westen führt.

Der Horizont eines bestimmten Ortes, z. B. von Paris, bildet, abgesehen von einigen Unebenheiten des Terrains, eine auf der Verticale des Ortes senkrechte Ebene. Alle oberhalb dieser Ebene gelegenen Gegenstände sind sichtbar, während diejenigen nicht gesehen werden, die sich zur Zeit unterhalb derselben befinden.

Der Meridian ist bekanntlich eine auf dem Horizonte senkrechte Ebene, welche durch die Pole geht.

Setzt man die Erde unbeweglich, so ist man gezwungen, den Horizont gleichfalls unbeweglich zu nehmen, und dagegen dem Firmamente eine sehr schnelle von Ost- nach West gerichtete Umdrehungsbewegung zuzuschreiben. Der Augenblick des Aufganges eines Gestirnes ist dann derjenige, in welchem es infolge der Umdrehungsbewegung des Sternenhimmels in die Richtung des Horizontes tritt. Wenn diese Bewegung, weiter fortgesetzt, das Gestirn in die so eben bezeichnete verticale Ebene führt, so sagt man, das Gestirn gehe durch den Meridian. Dieselbe Bewegung führt dann, in derselben Richtung immer weiter fortgesetzt, das in Betracht gezogene Gestirn an die westliche Grenze des Horizontes; im Augenblicke des Untergehens verschwindet es, und bleibt unsichtbar, bis es den Horizont auf der Ostseite von Neuem erreicht.

Nehmen wir jetzt an, daß die Erde beweglich sei, und sich in der Richtung von West nach Ost um eine durch ihren Mittelpunkt gehende Axe drehe, welche mit der von uns (Bd. 11. S. 198) als Weltaxe bezeichneten parallel ist. Alle Horizonte, und somit auch der von Paris, werden sich in derselben Richtung bewegen. Ein Gestirn wird aufgehen, wenn der bewegliche Horizont infolge seiner Umdrehungsbewegung sich in seine Richtung stellt; es wird im Meridian stehen, wenn diese Ebene, welche sich unaufhörlich mit dem Horizonte fortbewegt, weil sie auf ihm senkrecht ist, sich in die Richtung des Gestirnes einstellt. Der Untergang hat in dem Augenblicke statt, wo der westliche Theil des Horizontes oder seine Verlängerung durch dasselbe Gestirn geht. Aufgang, Durchgang durch den Meridian und Untergang der Gestirne erklären sich also nach beiden Hypothesen gleich gut.

Untersuchen wir nun, welches die einfachste, einer gesunden Logik am meisten entsprechende Theorie ist, und welche Einwendungen sich gegen dieselbe machen lassen: prüfen wir die Einwürfe, welche man gegen die Umdrehungsbewegung der Erde vorgebracht hat.

Sehen wir zunächst, ob diese Umdrehung wegen ihrer Geschwindigkeit, wie man behauptet hat, unzulässig ist.

Der mittlere Erdhalbmesser beträgt nach S. 14 1432 alte französische Lieues, und der Umfang des Aequators enthält also in runder Zahl 9000 solcher Lieues (5400 geogr. Meilen). Nehmen wir die Umdrehungsbewegung der Erde an, so durchläuft bei dieser Drehung ein auf dem Aequator gelegener Punkt ungefähr $1/_{10}$ Lieue (1500 Fuß) in einer Secunde. Diese Geschwindigkeit ist allerdings beträchtlich; indeß wenn die Erde sich nicht bewegt, so muß sich der Sternenhimmel nothwendig bewegen: ein dritter Fall ist nicht denkbar.

Fragen wir jetzt, welche Geschwindigkeiten die tägliche Bewegung des Sternenhimmels für die verschiedenen im Weltall zerstreuten Körper uns zwingen würde anzunehmen.

Der Abstand der Sonne von der Erde beträgt ungefähr 23000 mittlere Erdhalbmesser. Nun verhalten sich die Umfänge von Kreisen wie ihre Halbmesser. In der Hypothese der Unbeweglichkeit der Erde müßte also die Sonne einen 23000 Mal größern Umfang beschreiben,

als die Punkte des Erdäquators, was einer Geschwindigkeit von 2300 Lieues in der Secunde entsprechen würde.

Jupiter ist ungefähr fünf Mal weiter von der Erde als die Sonne entfernt; er würde sich also mit einer fünf Mal größern Geschwindigkeit oder mit einer Geschwindigkeit von 11500 Lieues in der Secunde bewegen.

Eine ähnliche Rechnung würde die Geschwindigkeit des Saturn zu 22000 Lieues in der Secunde geben.

Was die viel weiter als Saturn entfernten Sterne betrifft, so würden ihre Geschwindigkeiten verhältnißmäßig noch viel beträchtlicher sein als die vorher berechneten Zahlen. So würde z. B. der uns nächste Stern α im Centaur (Bd. 11. S. 373) nicht weniger als 520 Millionen Lieues in der Secunde durchlaufen.

Auf diese Weise müßten also diejenigen, welche sich weigerten, die Umdrehungsbewegung der Erde anzuerkennen, weil sie eine Geschwindigkeit von $^1/_{10}$ Lieue, womit die Punkte des Aequators umließen, als eine übertriebene betrachteten, sich unausweichlich durch unwiderlegliche Zahlenberechnungen gezwungen sehen, in der Sonne, die 1400000 Mal größer ist als unsere Erde, in dem Jupiter und Saturn, deren Volumen respective 1400 und 700 Mal das der Erde übertrifft, Geschwindigkeiten von 2300, 11500 und 22000 Lieues zuzugeben.

Ich führe diese Bemerkung nur an, um zu zeigen, wie weit diejenigen sich verrechneten, welche in der Umdrehungsgeschwindigkeit, die alle materiellen Punkte des Aequators besitzen müssen, einen Einwand gegen die Lehre von der Bewegung der Erde zu finden behaupteten. In der That trifft es sich selten, daß beim Studium der Natur Betrachtungen über Groß und Klein zu sichern und endgültigen Schlüssen führen können.

Zuverlässige Beobachtungen haben seit langer Zeit gelehrt, daß Jupiter und Saturn, deren Volumina, wie zuvor schon gesagt und später noch weiter erörtert werden wird, mehrere hundert Male das Volumen unserer Erde übertreffen, eine vollständige Umdrehung um sich selbst in ungefähr zehn Stunden ausführen. Diese Umdrehungen erfolgen außerdem auch in der Richtung derjenigen, welche wir der

Erde ertheilen müssen, um die tägliche Bewegung von West nach Ost zu erklären. So sprechen also Einfachheit und Analogie zu Gunsten einer Umdrehungsbewegung der Erde.

Unter den Schwierigkeiten, welche man gegen die Existenz dieser Bewegung vorgebracht hat, kann diejenige, welche lange Zeit hindurch am meisten in Ansehen stand, so ausgesprochen werden: Wenn die Erde in einer Secunde $^1/_{10}$ Lieue, also in 10 Secunden 1 Lieue von West nach Ost durchläuft, so würde man, sobald man sich 10 Secunden lang in die Luft erhöbe, nach Verlauf dieser kurzen Zeit an einem Orte niederfallen, der 1 Lieue westlicher als der Ausgangspunkt läge. Wer ein Mittel fände, sich während des kurzen Zeitraums von einer halben Minute oder dreißig Secunden unbeweglich in der Atmosphäre zu erhalten (was nicht unausführbar ist), würde drei Lieues westlich von dem Punkte, von dem er ausgegangen, wieder niederfallen. Man hätte so, wie man sieht, ein Mittel, um mit einer größern Geschwindigkeit, als die stärksten Locomotiven auf den Eisenbahnen zu bieten vermögen, in der Richtung von Ost nach West eine Reise zu machen.

Der berühmte schottische Dichter Buchanan drückt diesen Einwurf in seinen Versen in etwas sentimentaler Form aus, wenn er sagt: im Fall die Erde sich drehte, würde die Turteltaube nicht mehr wagen sich von ihrem Neste zu erheben, denn bald würde sie unvermeidlich ihre Jungen aus dem Gesichte verlieren.

Die Antwort auf den in Rede stehenden Einwurf, in welcher Form man ihn auch vorbringen möge, ist äußerst einfach. Es hat ja Niemand behauptet, daß die Erde bei ihrer Umdrehungsbewegung die Atmosphäre nicht mit sich fortrisse, und daß abgesehen von der Wirkung der Winde und Strömungen die materiellen Molecüle, aus denen die gasförmige Hülle besteht, nicht an den Bewegungen des festen Theiles unserer Erde, mit dem sie in unmittelbarer Berührung sind, theilnehmen. Ebensowenig hat Jemand bestritten, daß die Bewegung dieser gasförmigen Molecüle, welche in Berührung mit der Erde sind, sich den darüber liegenden Schichten bis zu den äußersten Grenzen der Atmosphäre mittheile.

So ist also obiger Einwurf ohne Bedeutung.

Ich werde jetzt freimüthig ohne irgend ein Verschweigen eine ehe-

mals berühmte Schwierigkeit, die einer ehrwürdigen Quelle, der heiligen Schrift, entnommen ist, prüfen.

Josua, so behauptete man in den Zeiten der Unwissenheit, hätte der Sonne nicht befehlen können, still zu stehen, wenn dieses Gestirn sich nicht bewegt hätte. Durch solche Schlüsse würde man auch beweisen können, daß die Astronomen in unsern Tagen nicht an die Bewegung der Erde glaubten, denn sie sagen gewöhnlich: die Sonne geht auf, die Sonne geht durch den Meridian, die Sonne geht unter; ihre Sprache ist den Erscheinungen angepaßt, sonst würden sie nicht verstanden werden. Wenn Josua gesprochen hätte: „Erde stehe still!" so würde sicherlich kein Soldat seiner Armee gewußt haben, was er sagen wollte. Man muß erwägen, daß die Bibel kein wissenschaftliches Buch ist, daß darin die Sprache des gewöhnlichen Lebens oft an die Stelle der mathematischen Sprache treten mußte: so findet sich darin irgendwo eine Stelle, in welcher von einem kreisförmigen Gefäße die Rede ist, das einen Fuß Durchmesser und drei Fuß im Umfange hatte. Nun weiß aber Jedermann, daß ein Kreis von einem Fuß Durchmesser mehr als drei Fuß im Umfange hat; ja ich füge noch hinzu, daß der Umfang des angeführten Gefäßes in strengster Genauigkeit gar nicht hätte angegeben werden können, selbst wenn man 150 Decimalstellen hinter die Zahl 3 gesetzt hätte, weil zwischen der Länge des Durchmessers und des Umfanges eines Kreises kein gemeinsames Maaß existirt.

Die vorstehenden Gesichtspunkte sind in Betreff der aus dem Texte der Bibel entnommenen Einwürfe jetzt von den frömmsten Personen, selbst in der Hauptstadt der katholischen Welt zugelassen worden.

Fünftes Kapitel.

Historisches über die Entdeckung der Umdrehungsbewegung der Erde.

Heraklides Ponticus, der Pythagoräer Ekphantus, Philolaus aus Croton, Nicetas aus Syracus haben die Ansicht gehegt, daß die tägliche Bewegung des gestirnten Himmels als bloßer Schein, der

von der Umdrehungsbewegung der Erde um ihren Mittelpunkt abhinge, betrachtet werden könnte.

Aristoteles nimmt an, daß die Planeten und die Sterne sich nicht um die Erde drehen, wohl aber die krystallenen Himmel, welche sie tragen und an denen sie angeheftet sind. Jeder Planet hat seine Sphäre; Sonne und Mond haben die ihrigen.

Suidas berichtet, daß die Babylonier Eier kochten, indem sie dieselben schnell in einer Schleuder herumbewegten. Da die Umdrehungsbewegung der Erde schneller ist als die einer Schleuder, so hatten einige Schriftsteller aus der Anekdote des Suidas die Folgerung gezogen, daß die Erde sich nicht drehte; denn, sagten sie, wenn unser Erdball sich drehte, müßte sich jeder Punkt der Oberfläche durch die Reibung der Atmosphäre erhitzen, wie die Eier der Babylonier. Weil aber die Atmosphäre sich ebenfalls dreht, wie die Erde, welche sie umgibt, so verliert der Einwurf seine Kraft und verdient keine Beachtung.

In folgender Weise spricht sich Seneca über das Problem der Umdrehung der Erde aus[11]:

„Es ist wichtig zu untersuchen, ob die Erde unbeweglich im Mittelpunkte der Welt steht, oder ob sie, während der Himmel unbeweglich ist, sich um sich selbst dreht. Einige Schriftsteller haben behauptet, daß die Erde uns mit fortnehme, ohne daß wir es merkten, und daß diese unsere Bewegung die scheinbaren Auf- und Untergänge der Gestirne bewirke. Es ist ein unserer Betrachtungen sehr würdiger Gegenstand, zu wissen, ob wir einen trägen Wohnort haben oder ob im Gegentheil derselbe mit einer außerordentlichen Geschwindigkeit begabt ist, ob Gott Alles um uns sich drehen, oder ob er uns selbst drehen läßt."

Eine ziemlich allgemein verbreitete Meinung macht aus dem Verfasser des Almagest einen entschiedenen Anhänger der krystallenen Sphären des Aristoteles; dies ist aber ein Irrthum: Ptolemäus spricht sich in seinem großen Werke über diesen Punkt nicht aus; für ihn sind die Bahnen und Epicykeln bloße Linien, nirgends legt er ihnen eine materielle Existenz bei.

Purbach, ein Astronom des 15. Jahrhunderts, ließ die krystallenen Sphären des Aristoteles wieder aufleben; er that noch mehr, anstatt

jeden Planet an die Oberfläche seiner eigenen Krystallsphäre angeheftet anzunehmen, glaubte er, daß derselbe sich zwischen zwei ähnlichen und concentrischen Sphären, nach seinem Ausdrucke wie zwischen zwei Mauern, bewegte, die ihn verhinderten aus seiner Bahn herauszugehen.

Ich verweile nicht bei der Widerlegung einer solchen Idee. Da die von Tycho beobachteten Kometen die krystallenen Himmel des Aristoteles zerbrachen, so mußten um so mehr Purbach's Sphären vollständig verschwinden.

Nachdem Baco das System der krystallenen Sphären und der Epicykeln verworfen hat, fügt er bei: „Nichts ist falscher als alle diese Einbildungen, wenn nicht die Bewegungen der Erde noch irriger sind."

Sieht man den berühmten Kanzler, den Verfasser des Novum Organon, zu einem solchen Schlusse gelangen, so treten unwillkürlich die Worte eines in seinem Privatleben sehr wenig orthodoxen Predigers ins Gedächtniß, der auf der Kanzel sagte: „Meine lieben Brüder, handelt nach meinen Worten, aber nicht nach meinen Thaten!"

La Galla, einer von Galilei's Feinden, einer der bittersten Gegner des kopernikanischen Systemes, stellte diesem Systeme folgenden eigenthümlichen Satz entgegen: „Da Gott im Himmel ist, und nicht auf der Erde, so kann er wohl den Himmel, nicht aber die Erde bewegen." (Venturi Bd. 1. S. 160.)

Man erwartet wohl nicht von mir, daß ich solche Beweisgründe widerlege.

Im vorhergehenden Bande S. 220 habe ich das System erläutert, in welchem das große Princip von der Bewegung der Erde um die Sonne von dem gelehrten thorner Astronomen (in seinem schönen 1543 zu Nürnberg gedruckten Werke de Revolutionibus orbium coelestium aufgestellt worden war. Galilei stützte dieses kopernikanische System in seinen berühmten Vorlesungen, die er an der Universität zu Padua hielt. Diese Vorlesungen gaben die Veranlassung zu einem lebhaften Streite von Seiten der Peripatetiker, welche dem ptolemäischen Systeme anhingen, und was für den berühmten Professor viel gefährlicher war, von Seiten der Theologen, welche behaupteten, die Lehren des thorner Canonicus seien der heiligen Schrift entgegen [12].

Die Gegner Galilei's, ebenso unwissend als abergläubisch, wiederholten unaufhörlich das Terra in aeternnm stat der heiligen Schrift und die in dem vorhergehenden Kapitel schon angeführte Stelle, wo Josua der Sonne befiehlt, still zu stehen.

Als Antwort gegen seine Feinde schrieb Galilei 1615 einen Brief an die Großherzogin Christine von Toscana, in welchem er die Frage aus theologischem Gesichtspunkte auffaßte und zu beweisen suchte, daß die Bibel bis dahin falsch erklärt worden sei. Diese Anmaßung eines Gelehrten, der keinem religiösen Orden angehörte, die heilige Schrift auszulegen, machte in Rom gewaltiges Aufsehen, und wurde als ein sehr gefährlicher Eingriff in die Gerechtsame der Kirche betrachtet.

In demselben Jahre 1615 veröffentlichte der neapolitanische Karmelitermönch Foscarini eine Schrift, worin er den buchstäblichen Sinn verschiedener Stellen der heiligen Schrift mit dem kopernikanischen Systeme in Einklang zu bringen sucht, indem er hervorhebt, daß die Bibel und das erste Buch Mose's keine wissenschaftlichen Werke sind, und daß ihre Verfasser, um verstanden zu werden, sich dem Scheine nach sehr den Ansichten und Vorurtheilen der Menge anbequemen mußten.

Um indeß das Gewitter, das sich zu Rom durch die Peripatetiker gegen ihn zusammenzog, und immer drohender wurde, zu zerstreuen, beschloß Galilei, sich zum zweiten Male nach der ewigen Stadt zu begeben, um seine Feinde zum Schweigen zu bringen; aber er fand, daß man dort viel stärker gegen ihn eingenommen war, als er geglaubt hatte. Die Mönche, seine Gegner, hatten alle Cardinäle für sich gewonnen. Die gelehrten und klaren Beweise Galilei's hatten schließlich nur das Resultat, daß ein Decret des heiligen Officiums erschien, wodurch die Werke des Kopernikus und des Karmelitermönchs Foscarini verworfen und verboten wurden. Wenn Galilei einer ausdrücklichen Verurtheilung entging, so lag der Grund nur darin, daß er bis dahin Nichts zur Stütze der doppelten Bewegung der Erde hatte drucken lassen.

Als Galilei 1632 seine berühmten Dialogen in Florenz erscheinen ließ, in welchen die zweifache Bewegung der Erde um die Sonne und um ihre Axe durch umständlich erklärte astronomische Betrachtungen

vertheidigt wurde, ward er ebenfalls sofort in Rom verklagt, und troß seines Alters von 60 Jahren, troß des sehr bedenklichen Zustandes seiner Gesundheit, troß einer ansteckenden Krankheit, derentwegen man einen Cordon an den Grenzen von Toscana gezogen hatte, mußte er sich 1633 in die Hauptstadt der christlichen Welt begeben. Am 20. Juni dieses Jahres sprachen die Inquisitoren das Urtheil; es lautete auf Haft des Verfassers der Dialogen in den Gefängnissen des heiligen Officiums, so lange es dem Papste beliebte; auf dem päpstlichen Stuhle saß damals Urban VIII. Man schrieb dem berühmten Astronomen eine Abschwörungsformel vor, die er knieend sprechen mußte; sie war nach der Geschichte der Astronomie von Delambre in folgenden Ausdrücken abgefaßt:

„Ich Galileo Galilei, Sohn des verstorbenen Florentiners Vincenzo Galilei, 68 Jahre alt, persönlich vor Gericht gefordert, vor Euch, hochwürdigste Eminenzen, Cardinäle des allgemeinen Reiches der Christenheit, Generalinquisitoren gegen die ketzerische Bosheit, knieend und das heilige Evangelium vor Augen habend und mit meinen eigenen Händen berührend, ich schwöre, daß ich immer geglaubt habe, jetzt glaube, und mit Gottes Hülfe auch in Zukunft glauben werde Alles, was die heilige katholische und römisch-apostolische Kirche annimmt, lehrt und predigt. Aber weil dieses heilige Officium mir von Rechtswegen befohlen hat, vollständig die falsche Meinung aufzugeben, nach welcher die Sonne der Mittelpunkt der Welt, und unbeweglich, die Erde dagegen nicht der Mittelpunkt ist und sich bewegt; und weil ich dieselbe weder behaupten, noch vertheidigen, noch auf irgend eine andere Weise durch Wort oder Schrift beweisen konnte, und nachher, als mir erklärt worden war, daß die genannte Lehre der heiligen Schrift entgegen wäre, ein Buch geschrieben und habe drucken lassen, in welchem ich die verdammte Lehre abhandelte und sehr wirksame Gründe ihr zu Gunsten aufstellte, ohne irgend eine Lösung hinzuzufügen: so bin ich deßwegen der Ketzerei, als hätte ich behauptet und geglaubt, daß die Sonne der Mittelpunkt der Welt und unbeweglich, die Erde dagegen nicht der Mittelpunkt wäre und sich bewegte, sehr verdächtig erachtet worden. Um nun diesen starken, mit Grund gegen mich erhobenen Verdacht aus der Seele Eurer Eminenzen und jedes

katholischen Christen zu vertilgen, so schwöre ich ab, verwünsche und verfluche mit redlichem Herzen und nicht erheucheltem Glauben, alle genannten Irrthümer und Ketzereien, so wie überhaupt jeden anderen Irrthum und jede Meinung, welche der genannten heiligen Kirche entgegen ist; auch schwöre ich, in Zukunft weder mündlich noch schriftlich etwas zu sagen oder zu behaupten, was ähnlichen Verdacht gegen mich begründen könnte; und sollte ich einen Ketzer oder der Ketzerei Verdächtigen kennen, so werde ich ihn dem heiligen Officium oder dem Inquisitor oder meinem Diöcesanbischof anzeigen. Außerdem schwöre und verspreche ich, alle Bußübungen, welche mir das heilige Officium auferlegt hat oder auferlegen wird, vollständig zu beobachten und zu erfüllen, und wenn es mir sollte begegnen, gegen einige meiner Worte, Versprechen, Betheuerungen und Schwüre zu verstoßen, was Gott verhüten wolle, mich allen Leibes- und Lebensstrafen zu unterwerfen, welche durch das heilige canonische Recht und andere allgemeine und besondere Bestimmungen gegen solche Missethäter festgesetzt und bekannt gemacht worden sind. So wahr mir Gott helfe und sein heiliges Evangelium, das ich mit meinen Händen berühre.

„Ich, obengenannter Galileo Galilei, habe abgeschworen, geschworen, versprochen und mich wie vorstehend verpflichtet, zu dessen Beglaubigung ich die gegenwärtige geschriebene Urkunde meiner Abschwörung eigenhändig unterschrieben, und zu Rom im Kloster Minerva am 22. Juni 1633 Wort für Wort gesprochen habe.

„Ich, Galileo Galilei, habe, wie oben mit eigener Hand abgeschworen."

Man erzählt, daß Galilei, als er nach der Abschwörung aufstand, halblaut und mit dem Fuße auf die Erde stampfend, gesagt habe, e pur si muove (und sie bewegt sich dennoch); aber diese Thatsache ist nicht erwiesen. Es wäre dies auch von Seiten des berühmten Verurtheilten eine allzu große Unklugheit gewesen, als daß man annehmen darf, diese Worte seien wirklich von ihm ausgesprochen worden.

Gibt es wohl etwas Herabwürdigenderes als die Verpflichtung, welche man dem unsterblichen Greise auferlegte, falsch zu schwören, und in den ehrwürdigsten Formen, die man finden kann, zu erklären,

daß er eine Lehre für falsch hielt, deren Wahrheit tiefe Studien ihm bewiesen hatten. Es ist keine grausamere materielle Tortur denkbar, als jene moralische ist, welcher man Galilei unterwarf; und gewiß wird jedes edle Gemüth hierin mit uns übereinstimmen.

Müßte man nicht in hohem Grade auf Galilei's Alter und seine Kränklichkeit und auf die Lage, in welche man ihn gebracht hatte, Rücksicht nehmen, so würde man wahrhaft trostlos sein, in dem Actenstücke der Abschwörung, das er unterschrieben, das Versprechen zu finden, dem heiligen Officium, dem Inquisitor oder dem Bischof der Diöcese seines Aufenthaltes Jedermann anzuzeigen, der als der Ketzerei verdächtig zu seiner Kenntniß käme.

Giordano Bruno hatte nicht lange zuvor eine viel größere Festigkeit bewiesen, indem er vor dem Scheiterhaufen, dessen Flamme ihn verzehren sollte, ausrief: „Das Urtheil, das ihr mir jetzt vorgelesen, und im Namen eines barmherzigen Gottes verkündigt habt, wird Euch vielleicht mehr Pein bereiten als mir selbst.“

Giordano Bruno hatte in Büchern, die wesentlich zu seiner Verdammung durch die Inquisition beitrugen, behauptet, daß jeder Stern eine Sonne wäre, um welche sich Planeten wie unsere Erde bewegten. Er hatte die Ansicht ausgesprochen, daß es in unserm Systeme mehr Planeten gäbe als wir sähen, und daß ihre Unsichtbarkeit nur eine Folge ihrer außerordentlichen Kleinheit und großen Entfernung von der Erde sei.

Erst 1737, also fast ein Jahrhundert nach dem widrigen Processe, der mit unvertilgbarem Male das Tribunal brandmarken wird, in dessen Namen das Urtheil gesprochen wurde, und die Richter, welche es unterzeichneten, wurde an einem der schönsten Punkte der Kirche Sta. Croce ein schönes marmornes Denkmal errichtet, das die Reisenden aller Länder niemals zu besuchen verfehlen, und das gleichzeitig die Erinnerung an den Ruhm eines der größten Männer, die Toscana hervorgebracht hat, und an die abscheulichen Verfolgungen, welche ihm seine letzten Tage verkümmerten, erweckt.

Erst Papst Benedict XIV. hob das Urtheil der Inquisition, das Galilei's Werke verdammte, auf; die Theorie von der Bewegung der Erde wird jetzt überall gelehrt, selbst auf der Sternwarte in Rom,

welche die Jesuiten leiten. Einen Beweis dafür geben die folgenden Zeilen, die ich einer 1851 in Rom veröffentlichten Abhandlung des Pater Secchi, eines Jesuiten, über die Pendelbeobachtungen entnehme: „Die Umdrehungsbewegung der Erde um ihre Axe ist eine Wahrheit, die in unsern Tagen nicht mehr bewiesen zu werden braucht; sie ist in der That eine Folge aus der ganzen astronomischen Wissenschaft."

Sechstes Kapitel.

Materielle Beweise für die Umdrehungsbewegung der Erde.

Gibt es keine materiellen Beweise für die Umdrehung der Erde? Solche Beweise sind vorhanden, ich werde sie in der Kürze erläutern.

Wir wollen annehmen, daß die Erde in Wirklichkeit eine von West nach Ost gerichtete Umdrehungsbewegung besitze, und nachforschen, welche mechanischen Folgerungen sich aus dieser Hypothese ergeben.

Es ist bekannt, daß ein Körper, der in einem Kreise herumgeschwungen wird, von dem Umfange desselben sich nach außen mit einer Kraft zu entfernen strebt, welche dem Quadrate seiner Umdrehungsgeschwindigkeit direct, und dem Halbmesser des Kreises umgekehrt proportional ist. Diese Centrifugalkraft ist Jedem bekannt, der eine Schleuder in Umschwung gesetzt hat; man gewahrt ihre Wirkung täglich bei den Krümmungen der Eisenbahnen. Ein auf der Oberfläche der Erde gelegener Punkt ist der Wirkung der Schwerkraft unterworfen, die ihn in der Richtung der Verticale zum Fallen treibt; wenn nun die Erde sich dreht, so erfährt er außerdem noch den Einfluß der Centrifugalkraft nach einer auf der Umdrehungsaxe senkrechten Richtung, und diese letztere Kraft wird um so größer sein, je größer der Abstand von der Umdrehungsaxe ist.

Setzen wir, daß ein Bleiloth in der Spitze eines Thurmes aufgehangen sei und das spannende Gewicht bis zur Oberfläche des Bodens reiche. Die Richtung dieses Lothes wird von der Richtung der Schwere und der aus der Umdrehung der Erde hervorgehenden Centri-

fugalkraft, gemessen an dem Fuße des Thurmes, abhängen. Ein zweites Bleiloth, dessen Aufhängepunkt sehr wenig, z. B. 20 Millimeter östlich von dem des ersten Fadens läge, und dessen spannendes Gewicht nur an einem kurzen Faden nicht weit unterhalb des Aufhängepunktes hinge, würde nicht die Richtung des ersten haben. Denn die Richtung dieses zweiten Lothes würde erhalten durch Verbindung der Richtung der Schwere, welche genau dieselbe ist, wie für das erste, mit der Centrifugalkraft, die an der Spitze des Thurmes größer ist als an dessen Fuße. Die Resultante dieser beiden Kräfte würde also den verlängerten zweiten Faden nach einem Punkte richten, der mehr als 20 mm östlich von dem läge, welcher dem ersten Gewichte entspricht. Bei der Unmöglichkeit, sich geradezu von dem Mangel des Parallelismus der beiden Fäden zu überzeugen, löse man das am Ende des zweiten aufgehangene Gewicht ab; bei seinem Falle wird das Gewicht die Richtung verfolgen, nach welcher es den Faden gespannt hatte. Wenn also die Voraussetzung, von der wir ausgegangen sind, genau ist, wenn unsere Erde sich von West nach Ost dreht, so wird jenes fallende Gewicht die Erde mehr als 20 mm östlich von dem Punkte treffen, auf welchen das erste Loth hinweist [13]).

Die zuerst in Italien von Guglielmini angestellten, und dann in Deutschland von Benzenberg und später von Reich wiederholten Fallversuche haben stets eine östliche Abweichung, wie die Theorie anzeigt, gegeben. Dagegen haben Laplace und Gauß durch Rechnung keine Abweichung des fallenden Körpers nach Süden gefunden, die in geringem Grade bei den Versuchen sich herausgestellt hat, so daß die Gesammtabweichung ostsüdöstlich erfolgte. Laplace erhielt durch Rechnung, daß die Abweichung für 100 Meter Höhe unter dem Aequator 22 mm sein müßte. Guglielmini's Versuche haben für eine Höhe von 78,28 Meter eine Abweichung von 18,05 mm, und Benzenberg's Versuche für eine Höhe von 84,46 Meter eine Abweichung von 11,28 mm gegeben. Reich in Freiberg fand bei Wiederholung derselben Versuche für eine Fallhöhe von 158,5 Meter eine Abweichung von 28,3 mm; die Theorie würde eine Abweichung von 27,6 mm verlangen. Diese Versuche, welche dadurch besonders schwierig werden, daß die geringsten Luftzüge einen merklichen Einfluß auf die Abweichungen der

fallenden Kugel von der Verticale ausüben können, verdienen von Neuem wiederholt zu werden [14]).

Seit dieser Zeit steht vollständig fest, daß die östliche oder südöstliche Abweichung mit der Unbeweglichkeit der Erde unvereinbar ist. Man erlaube mir die Bemerkung hinzuzufügen, daß die Idee dieses Versuchs Newton angehört; daß sie am 28. November 1679 der königlichen Societät in London mitgetheilt wurde; und daß Hooke glaubte gefunden zu haben, mit Ausnahme des Aequators, müsse überall eine Abweichung nach Südost eintreten, ein Schluß, dem Newton beipflichtete, vielleicht ohne den Gegenstand hinreichend geprüft zu haben.

Man sagt gewöhnlich, daß die scheinbaren Vorgänge am gestirnten Himmel dieselben sein müßten, möge die Erde alle 24 Stunden eine ganze Umdrehung von West nach Ost um eine bestimmte Axe ausführen, oder möge die Erde unbeweglich sein und dafür die Gesammtheit aller Sterne innerhalb desselben Zeitraums eine vollständige Umdrehung um dieselbe Axe vollbringen. Dieser Ausspruch ist völlig genau, sobald die Geschwindigkeit des Lichtes unendlich groß ist; er ist es aber nicht in gleicher Weise, wenn das Licht eine merkliche Zeit gebraucht, um von den Sternen zur Erde zu gelangen, wie ich in dem Folgenden nachzuweisen versuchen will.

Gesetzt, ein Gestirn werde um die unbewegliche Erde von Ost nach West herumgeführt. Das Gestirn ist unaufhörlich der Mittelpunkt divergirend ausfahrender Lichtstrahlen, aber die Lage dieses Mittelpunktes in Bezug auf den Horizont und ebenso auf den Meridian eines gegebenen Ortes wird sich fortwährend verändern. Die von dem Gestirne ausgehenden Strahlen bewegen sich in geraden Linien; dasselbe würde also nur am Horizonte durch leuchtende Strahlen gesehen werden können, die von ihm ausgingen, während es wirklich im Horizonte stand. Das Gestirn wird im Meridian durch einen genau mit dieser Ebene zusammenfallenden Strahl erscheinen; aber die einzigen Strahlen, welche von einem Gestirne ausgehen und mit der Verlängerung des unbeweglich genommenen Meridians zusammenfallen, sind diejenigen, welche das Gestirn uns im Augenblicke seines wirklichen Durchgangs durch diese Ebene zugesendet hat. Dieselbe Betrachtung würde

auch auf den westlichen Theil des Horizonts, wo das Gestirn untergeht, und überhaupt auf jede andere Ebene, in welcher es beobachtet werden konnte, Anwendung finden.

Von alle diesem wollen wir nur die Thatsache festhalten, daß ein beliebiges Gestirn, wenn die Erde unbeweglich ist und der Sternenhimmel sich dreht, am Horizonte oder im Meridiane nur durch Strahlen gesehen wird, die von ihm ausgingen, als es in Wirklichkeit und nicht dem Scheine nach in der Verlängerung der einen oder andern dieser Ebenen lag.

Setzen wir jetzt, es sei die Geschwindigkeit des Lichtes angebbar, und nehmen noch weiter an, daß z. B. das Licht eines Sternes sechs Stunden gebrauche, um zu uns zu gelangen, so werden wir ihn sechs Stunden nach seinem wahren Durchgange durch den Meridian in dieser Ebene beobachten. Nun gibt es Gestirne, nämlich die in der Ebene des Aequators gelegenen, welche in dem Zeitraume von sechs Stunden die zwischen dem Horizonte und Meridiane liegenden 90 Grade durchlaufen. Eines dieser Gestirne würde also unter der von uns gemachten Voraussetzung scheinbar aufgehen, wenn es schon im Meridian wäre, und in Wirklichkeit untergehen, wenn es scheinbar culminirte.

Wäre das im Aequator befindliche Gestirn soweit von der Erde entfernt, daß sein Licht zwölf Stunden gebrauchte, um zu dieser zu gelangen, so würde es erst in dem Augenblicke seines wirklichen Unterganges aufzugehen scheinen. Setzt man die Entfernung noch größer, so wird das Gestirn am östlichen Horizonte oder in seinem Aufgange lange nach seinem wirklichen Untergange erscheinen.

Verfolgte man diese Betrachtungen und nähme die Entfernungen von der Erde verschieden und in einem zu den wirklichen Oertern passenden Verhältnisse, so würde man finden, daß zwei Sterne, die sich zu berühren scheinen, in Wirklichkeit im Raume die entferntesten Gegenden einnehmen könnten.

Bevor wir untersuchen, ob diese auffallenden Folgerungen, die wir aus der doppelten Annahme der Unbeweglichkeit der Erde und der angebbaren Geschwindigkeit des Lichtes gezogen haben, sich mit den Thatsachen vereinigen lassen, wollen wir zunächst den Fall ins Auge

fassen, wo die Erde sich im Raume bewegt, der Himmel dagegen mit allen seinen Sternen, unbeweglich ist*).

Dann sind die Mittelpunkte, von denen das Licht gradlinig in divergirenden Richtungen ausstrahlt, im Raume unbeweglich. Einer dieser strahlenden Punkte wird aufzugehen scheinen, wenn der Horizont bei seiner von West nach Ost gerichteten Umdrehungsbewegung mit einer der von jenem Punkte ausströmenden geraden Linien zusammenfällt. Ein Stern wird durch den Meridian gehen, wenn die Verlängerung dieser Ebene infolge der Umdrehungsbewegung der Erde mit dem unveränderlichen Orte des Sternes, nach welchem hin alle ihn uns sichtbar werdenden Strahlen convergiren, zusammenfällt.

In Betreff des Aufganges und des Durchganges des Gestirnes durch den Meridian macht es wenig aus, ob die leuchtenden Molecüle, mittelst welcher diese beiden Vorgänge beobachtet werden, von dem Gestirne mehrere Stunden, mehrere Wochen oder Jahre und selbst Jahrhunderte vor ihrer Wahrnehmung ausgegangen sind, weil alle diese Molecüle sich in geraden Linien bewegen, die von den unbeweglichen Punkten der Himmelsfeste, an denen sich die Gestirne befinden, ausgehen.

Man sieht, daß in dieser neuen Hypothese die Geschwindigkeit des Lichtes auf die scheinbaren Oerter keinen Einfluß hat; daß, wenn ein Stern durch den Meridian zu gehen scheint, er in der That hindurchgeht, und daß, wenn zwei Gestirne einander benachbart erscheinen, die von der Erde nach ihren Mittelpunkten gezogenen Linien einander im Wirklichkeit sehr nahe liegen.

Die Folgerung, welche wir aus der Hypothese der Unbeweglichkeit der Erde hergeleitet haben, mußte sehr sonderbar erscheinen; indeß ist bei wissenschaftlichen Untersuchungen das Ungewöhnliche nicht immer ein Beweis für die Unrichtigkeit der gemachten Voraussetzungen.

Wir wollen sehen, ob nicht bei der Bewegung der Gestirne einige Thatsachen vorkommen, welche unvereinbar mit jener Folgerung sind,

---

*) Ich sehe hier von der kleinen täglichen Verrückung der Sterne ab; diese Verrückung veranlaßt das unter dem Namen der Aberration bekannte Phänomen, dessen numerischer Werth, wie wir später sehen werden, nur einige Secunden erreicht.

daß nämlich die scheinbaren Oerter der Gestirne von ihrem geradlinigen Abstande von der Erde abhängig sein sollen.

Betrachten wir z. B. den Mars in seiner Opposition. Die Zeit seines scheinbaren Durchganges durch den Meridian wird gleich sein der Zeit seines wirklichen Durchganges, vermehrt um den Zeitraum, welchen das Licht gebraucht, um von diesem Planeten zur Erde zu gelangen, d. h. um das Intervall MT zu durchlaufen. (Fig. 233.)

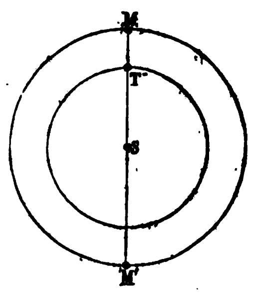


Fig. 233. — Beobachtungen der Meridiandurchgänge eines obern Planeten zur Zeit der Conjunction und der Opposition, um die Bewegung der Erde zu beweisen.

Nun sei Mars in Conjunction M'; die Zeit, wo man ihn durch den Meridian gehen sehen wird, muß dann wieder gleich sein der Zeit seines wirklichen Durchganges vermehrt um den Zeitraum, welchen das Licht zum Durchlaufen der jetzigen Entfernung des Planeten von der Erde TM' bedarf. Die Entfernung des Mars von der Erde in dem zweiten Falle, in der Conjunction, übertrifft aber die Entfernung desselben am Tage der Opposition um das Doppelte der Entfernung ST der Sonne von der Erde. In Betreff der beobachteten Meridiandurchgänge, verglichen mit den wirklichen, würde also zwischen der Opposition und Conjunction eine Ungleichheit oder Störung stattfinden, die in Zeit ausgedrückt, gleich dem Doppelten der Zeit sein müßte, welche das Licht gebraucht, um von der Sonne zur Erde zu gelangen, d. h. schließlich entsprechend dem Werthe, den wir für die Geschwindigkeit des Lichtes finden werden, eine Störung von ungefähr $16^1/_2$ Minuten. Man sieht ferner, daß durch die angezeigte Ursache die scheinbare Bewegung des Planeten zwischen der Conjunction und Opposition von Ost nach West erfolgen würde. Das Vorhandensein

solcher Störungen wird aber durch die Beobachtungen in keiner Weise nachgewiesen. Eine analoge Schlußreihe ließe sich für Jupiter und Saturn machen. Wollte man die Doppelsterne in Betracht ziehen, so würde sich zeigen, daß dieselbe Annahme der Unbeweglichkeit der Erde zu noch weniger annehmbaren Resultaten führt. Wenn der Hauptstern und sein Begleiter sich in derselben Entfernung von der Erde befänden, so würden sie sehr nahe erscheinen, wie sie es in der That sind. Setzen wir aber den Fall, daß der Begleiter bei seiner Umlaufsbewegung um den Hauptstern sich um eine dem Durchmesser der Erdbahn gleiche Größe von der Erde weiter entfernte, so müßten wir denselben, anstatt mit dem Mittelpunkte seiner Bewegung fast in Berührung, vielmehr in Rectascension um eine Größe davon entfernt erblicken, welche in Zeit ausgedrückt mehr als acht Minuten betrüge; ein Resultat, das so sehr mit allen Angaben der Beobachtungen im Widerspruche steht, daß man es in der That als einen mathematischen Beweis der Unrichtigkeit der zu Grunde gelegten Hypothese von der Unbeweglichkeit der Erde betrachten darf.

Da bei der Annahme einer angebbaren Geschwindigkeit des Lichtes die sich bewegenden Gestirne an Oertern gesehen werden müssen, welche von ihren wahren Oertern, an denen sie sich im Augenblicke ihrer Wahrnehmung durch das Gesicht befinden, sehr weit entfernt sind, so folgt, daß zwei ungleich weit entfernte und in sehr verschiedenen Gegenden des Himmels stehende Sterne in Berührung erscheinen können.

Auf den ersten Blick ist man geneigt, aus diesem Resultate die Folgerung zu ziehen, daß es unmittelbar nach dem Augenblicke, wo Mars, Jupiter und Saturn in Berührung mit den östlicher als diese Planeten gelegenen Sternen erscheinen, keine eigentliche Sternbedeckung geben könne(?); dies wäre aber ein Irrthum, den selbst Anfänger leicht bemerken werden, wenn sie erwägen, daß, mit Rücksicht auf die außerordentlich großen Entfernungen der Fixsterne in Bezug auf die der Planeten, die von einem Fixsterne ausgesandten Lichtstrahlen als unter sich parallel betrachtet werden dürfen.

Die Bemerkung, daß infolge der gleichzeitigen Annahmen der Unbeweglichkeit der Erde und einer nicht augenblicklichen Fortpflanzung des Lichtes, die Sterne nicht an ihren wahren Oertern gesehen würden,

findet sich meines Wissens zuerst gedruckt in den Opuscules mathématiques von d'Alembert. Außerdem finde ich in dem ersten Bande der Histoire des mathématiques von Montucla folgende Stelle, die sicherlich verdient hier angeführt zu werden:

„Wir erfahren von Aristoteles, daß Empedokles das Licht als eine ununterbrochene Ausströmung aus den leuchtenden Körpern betrachtete, und ich erinnere mich, doch weiß ich nicht mehr in welchem Commentator, gelesen zu haben, daß er sehr richtig einem ihm in dieser Beziehung gemachten Einwurfe begegnete. Wenn, sagte man, das Licht der Sonne in einem Ausflusse von Körperchen aus diesem Gestirne bestände, so würden wir dieselbe niemals an ihrem wahren Orte sehen, denn in der Zeit, welche das Lichttheilchen gebrauchte, um zu uns zu gelangen, würde die Sonne ihren Ort geändert haben. Ohne zur augenblicklichen Fortpflanzung oder zu einer ungeheuren Geschwindigkeit dieser Ausströmung seine Zuflucht zu nehmen, antwortete Empedokles, daß dieser Einwurf begründet sein dürfte, wenn die Sonne allein in Bewegung wäre, daß aber die Erde, welche sich um ihre Axe drehe, dem Strahle entgegen käme, und das Gestirn in der Verlängerung desselben sähe. Man würde auf jenen Einwurf heute, wenn ihn Jemand gegen die Ausströmung und nicht augenblickliche Fortpflanzung des Lichtes vorbrächte, nicht treffender antworten können."

Nachdem ich die Bemerkung, daß die Sterne, falls die Erde unbeweglich wäre, nicht an ihren wahren Oertern gesehen würden, gewissenhaft ihren Urhebern zugewiesen habe, muß ich jedoch hinzufügen, daß weder d'Alembert noch Montucla unter den astronomischen Beobachtungen nach Erscheinungen gesucht haben, die mit dieser Hypothese im Widerspruche ständen.

Personen, denen ich die Bemerkung des großen Mathematikers und des Geschichtschreibers der Mathematik mittheilte, verfehlten nicht, mir augenblicklich zu erwidern: „Da Sie Nichts von den wahren Oertern der Sterne wissen, da Sie dieselben stets unter denselben Umständen beobachteten, da die Unbeweglichkeit der Erde zu allen Zeiten dieselben Folgen herbeiführen mußte, was hindert uns anzunehmen, daß scheinbar einander sehr nahe Sterne in der Wirklichkeit sehr weit von einander entfernt sind?

Das einzige Verdienst, wenn es ein solches ist, das ich mir in der vorhergehenden Erörterung zuschreiben könnte, würde darin bestehen, unter den himmlischen Bewegungen Erscheinungen, welche mit den Beobachtungen, wenn die Erde sich nicht drehte, in vollständigem Widerspruche ständen, bezeichnet und die Bemerkung d'Alembert's zum Beweise für die Umdrehungsbewegung der Erde benutzt zu haben.

Um den Vorwand zu beseitigen, daß in alle diesem ein Kreisschluß stattfinde, und daß die Bestimmung der Geschwindigkeit des Lichtes schon die Kenntniß des wahren Weltsystemes voraussetze, bemerke ich, daß nach neuern Untersuchungen, zu deren Mittheilung sich die Gelegenheit darbieten wird, die Messung dieser Geschwindigkeit nicht mehr ausschließlich auf der Beobachtung der Jupitersmonde beruht, sondern auch aus einfachen, auf der Erde selbst angestellten Versuchen hergeleitet worden ist.

Ein junger, sehr verdienstvoller französischer Physiker hat übrigens in den letzten Jahren die Wissenschaft mit zwei Versuchen bereichert, welche an allen Orten mit einfachen Vorrichtungen wiederholt werden können und materielle Beweise für die tägliche Umdrehung unserer Erde sind.

Wir haben (Bd. 11. S. 51) gesehen, daß ein Pendel in seiner größten Einfachheit aus einem schweren Körper besteht, der an einem feinen Faden aufgehangen und um den Aufhängepunkt beweglich ist, so daß man ihn aus der verticalen Lage, welche er einnimmt, wie das Bleiloth aus seiner Ruhe entfernen, nach rechts oder links, nach vorwärts oder rückwärts hinziehen und dann sich selbst überlassen kann. Ist diese Vorrichtung in Bewegung gesetzt, so schwingt sie um die Verticale, und zwar anfangs in der Ebene, in welcher man sie von dieser Verticale entfernt hatte. Aber muß oder kann das Pendel in dieser ursprünglichen Ebene bleiben? Die Mitglieder der Akademie del Cimento in Florenz haben über das Pendel zahlreiche Beobachtungen gemacht, aus denen hervorgeht, daß sie die Aenderung der Schwingungsebene wahrgenommen haben. Folgende Stelle z. B. ist von Antinori, Director des physikalischen und naturgeschichtlichen Museums in Florenz, in den eigenhändigen Manuscripten Vincenzo Viviani's über die Bewegung des Pendels gefunden worden; sie läßt keinen Zweifel

über das Alter der Wahrnehmung der eigenthümlichen Vorgänge, welche das an einem Faden aufgehangene Pendel darbietet: „Wir beobachten," steht in der nicht veröffentlichten, erst Ende April 1851 von Antinori wieder aufgefundenen Notiz, „daß alle nur an einem Faden hängende Pendel aus der ersten Verticalebene beständig in derselben Richtung abweichen, d. h. nämlich nach den Linien AB, CD, EF 2c. (Fig. 234), von der Rechten zur Linken an der vordern Seite."

Diese Notiz wurde erst nach der Veröffentlichung von Foucault's Pendelversuchen bekannt gemacht. Dagegen sind die folgenden beiden auf den in Rede stehenden Gegenstand bezüglichen Abschnitte, der eine in den Saggi di Naturali Esperienze, editione del 1841 S. 20, und der andere in den von Targioni herausgegebenen Notizie degli Aggrandimenti delle scienze fisiche in Toscana Bd. 2. Abth. 2, S. 669 schon früher gedruckt worden[15]). Der erste lautet in der Uebersetzung: „Da aber das gewöhnliche an einem Faden hängende Pendel, weil es so die Freiheit hat sich zu bewegen, (was auch übrigens der Grund sein möge), sich allmälich bis zu seiner Ruhe aus der ersten Lage entfernt, so erfolgt seine Bewegung nicht mehr in einem verticalen Bogen, sondern thatsächlich in einer ovalen Spirale (per una spirale ovata), in welcher man die Schwingungen nicht mehr unterscheiden oder zählen kann; man ist daher nur in der Absicht, damit das Pendel bis zu Ende dieselbe Ebene beibehält, auf den Gedanken gekommen, die Kugel an einem doppelten Faden aufzuhängen."

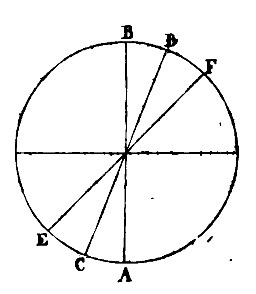


Fig. 234. — Verrückung der Schwingungsebene des nur an einem Faden hängenden Pendels.

Folgendes ist die Uebersetzung der Stelle, welche sich in den von Targioni herausgegebenen Notizie findet: „Am 28. November 1661. Wenn man die Spitze eines Pendels, das nur an einem Faden hängt, in Marmorpulver gehen läßt, so zeichnet es, sobald es anfängt in seiner Bewegung langsamer zu werden (welche ihren eigenen Schwingungen überlassen in einer Spirale erfolgt), seine Bahn darin ab, die eine

ovale Spirale ist (che è una spirale ovata), welche sich nach dem Centrum immer mehr zusammenzieht."

Wenn die vorstehenden Abschnitte zeigen, daß die Mitglieder der Akademie del Cimento die Veränderungen in der Lage der Oscillationsebene des an einem Faden hängenden Pendels gefunden hatten, so beweisen sie doch in keiner Weise, daß sie an die Abhängigkeit dieser Veränderungen von der Bewegung der Erde um ihre Axe gedacht hätten. Foucault hat das Verdienst, den nothwendigen Zusammenhang beider Bewegungen klar dargethan, und daraus einen physikalischen Beweis für die Umdrehung unserer Erde gezogen zu haben.

Foucault hat die Details seines Versuches der pariser Akademie der Wissenschaften in der Sitzung vom 3. Februar 1851 mitgetheilt. Dieser Versuch besteht darin, einen Stahldraht (Fig. 235, S. 39) mit seinem obern Ende in einer Metallplatte A, die unbeweglich an der Decke eines Zimmers oder Gewölbes befestigt ist, einzuklemmen. An seinem untern Ende trägt dieser Draht eine sehr schwere kupferne Kugel. Unten an der Kugel ist eine Spitze angebracht. Man macht dann aus feinem Sande zwei kleine Wälle m und m′, deren Längenerstreckung senkrecht auf der verticalen Ebene steht, in welcher die Schwingungen des Pendels beginnen sollen. Man muß dafür sorgen, daß das Pendel beim Loslassen keine anfängliche Geschwindigkeit hat; man lenkt es deshalb aus der verticalen Lage ab, und hält es in einer passenden Entfernung von derselben durch einen um die Kugel geschlungenen und an einem feststehenden Gegenstande angehangenen Faden aus einer organischen Substanz. Ist die Kugel in der ihr auf solche Weise ertheilten besondern Lage vollständig zur Ruhe gekommen, so brennt man den Faden mittelst der Flamme eines Lichtes durch. Das Pendel setzt sich dann sogleich in Bewegung; die Spitze der Kugel stößt nach und nach die Sandwälle in der Art ein, daß sie deutlich eine Ablenkung in der Schwingungsebene in der Richtung von Osten nach Westen nachweist.

Die in diesem Versuche wahrgenommene Bewegung der Schwingungsebene ist nur scheinbar; in Wirklichkeit bleibt diese Ebene unbeweglich, und es ist vielmehr die Erde, welche sich in der Richtung von Westen nach Osten um sie dreht. Allerdings ist der Aufhängepunkt



Fig. 235. — Physikalischer Beweis für die Umdrehung der Erde durch den Foucault'schen Pendelversuch.

des Pendels mit der Erde verbunden, und dreht sich mit ihr; aber die daraus hervorgehende Torsion übt auf das Ganze des Pendels keinen merklichen Einfluß aus. Die Figuren 236 und 237 zeigen die Aufhängungsart, welche Foucault für das obere Ende des Drahtes in der an der Decke mit den Schrauben e befestigten Metallplatte gewählt hat. Bei einem sehr langen Drahte und bei einer im Verhältnisse sehr großen Kugel kann offenbar von Seiten der Aufhängungsplatte keine beträchtliche störende Wirkung auf die Ebene, in welcher die Schwingungen erfolgen, ausgeübt werden.

Fig. 236. — Foucault's Aufhängung des Pendels (verticale Projection).



Nach Mittheilung von Foucault's Versuchen an die Akademie der Wissenschaften zeigte Liouville auf einem sehr einfachen Wege die Abhängigkeit der Veränderung in der Lage der Schwingungsebene des Pendels von der Umdrehungsbewegung unserer Erde. Gesetzt, wir begeben uns zuerst nach dem Nordpole, um dort das Foucault'sche Pendel aufzuhängen, und zwar in der Weise, daß der Aufhängepunkt in die Verlängerung der Umdrehungsaxe der Erde fällt, so leuchtet ein, daß, weil Alles in Bezug auf die Ebene, in welcher wir nach unserem Belieben das Pendel in Schwingung gesetzt haben, symmetrisch ist, die Bewegung der Erde durch den Contrast wegen der Unbeweglichkeit der Schwingungsebene bemerklich werden muß. Denn ein auf der Erde stehender Beobachter wird mit derselben in der Richtung von West nach Ost fortge-

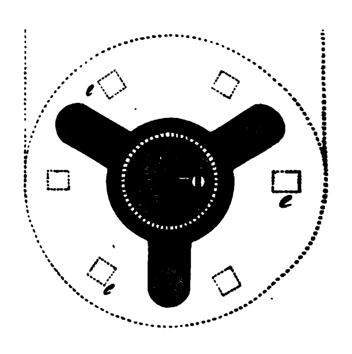


Fig. 237. — Foucault's Aufhängung des Pendels (Durchschnitt nach der Linie a b der verticalen Projection).

führt; da er aber seine eigene Bewegung nicht fühlt, so wird ihm die Schwingungsebene des Pendels in 24 Stunden in der Richtung von Ost nach West eine Umdrehung zu machen scheinen.

Am Südpole wird das Pendel dieselben Erscheinungen darbieten; nur wird sich wegen der umgekehrten Stellung des Beobachters die Schwingungsebene in umgekehrter Richtung zu bewegen scheinen, d. h. während am Nordpole die scheinbare Drehung der Schwingungsebene von links nach rechts erfolgt, wird sie am Südpole von rechts nach links statt zu haben scheinen.

Allgemein gilt, daß wenn die Schwingungsebene auf einer Seite des Aequators sich in einer gewissen Richtung zu drehen scheint, sie dann auf der andern Seite von demselben sich in entgegengesetzter Richtung zu bewegen scheinen wird. Auf dem Aequator selbst muß folglich die Oscillationsebene unbeweglich erscheinen; denn es gibt keinen Grund, warum sie sich mehr in der einen als in der andern Richtung zu drehen scheinen soll, weil ein am Aequator der Erde aufgestellter Beobachter während der 24 Stunden, welche unsere Erde zu ihrem Umlaufe gebraucht, in Bezug auf die Schwingungsebene immerfort in derselben Lage bleibt.

Jetzt wollen wir untersuchen, was an einem beliebigen Punkte A (Fig. 238) der Erdoberfläche vorgeht. Es stelle OC die Größe der Drehung der Erde um ihre Axe PP′ in einem Zeittheilchen dar. Wir ziehen die Verticale OA des Ortes A, und senkrecht auf dieselbe durch den Mittelpunkt der Erde die Linie FF′. Man kann auf Bewegungen eine ganz ähnliche Construction anwenden, wie das im Anfange des elften Bandes S. 36 angeführte Parallelogramm der Kräfte. Wenn man also das Rechteck ODCG construirt, so läßt sich die Drehung OC durch die beiden Drehungen OD und OG ersetzen. In Bezug auf die Drehung

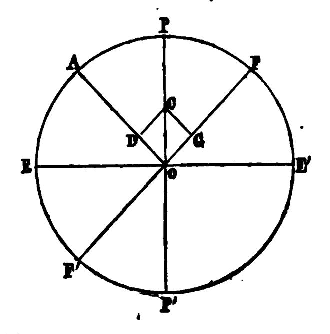


Fig. 238. — Bestimmung der Geschwindigkeit, mit welcher sich scheinbar die Schwingungsebene eines Pendels an einem beliebigen Orte der Erdoberfläche dreht.

OG der Erde um die Axe FF' befindet sich das im Punkte A aufgehangene Pendel offenbar gerade unter denselben Verhältnissen, als vorhin, wo wir es unter dem Aequator EE' aufgehangen dachten, und die Drehung um die Axe der Erde PP' in Betracht zogen. Die Lage der Schwingungsebene des Pendels und die Geschwindigkeit ihrer scheinbaren Verrückung werden also durch die Drehung OG um die Axe FF' nicht verändert. Man kann daher sagen, daß die Erscheinung so vor sich geht, als ob die Drehung OD allein existirte. In Bezug auf diese Drehung befindet sich aber das in A aufgehangene Pendel genau unter denselben Verhältnissen, wie das am Pole aufgehangene Pendel in Bezug auf die wirkliche Drehung der Erde. Aus vorstehender Erörterung müssen wir daher den Schluß ziehen, daß die Schwingungsebene des in A aufgehangenen Pendels sich von Ost nach West um die Verticale dieses Ortes mit einer Geschwindigkeit zu drehen scheint, gleich derjenigen, von welcher die Erde getrieben würde, wenn sie nur die Geschwindigkeit OD anstatt der ganzen Geschwindigkeit OC besäße; oder mit andern Worten, die Geschwindigkeit der Drehung der Schwingungsebene in A wird sich zu der Umdrehungsgeschwindigkeit der Erde verhalten, wie OD zu OC. Die Erfahrung bestätigt die vorstehenden Schlußfolgerungen vollständig.

Im September 1852 legte Foucault der Akademie der Wissenschaften einen andern physikalischen Beweis für die Umdrehung der Erde vor, der nicht mehr auf die Unbeweglichkeit der Schwingungsebene eines Pendels, sondern der Umdrehungsebene eines in seinem Schwerpunkte ganz frei aufgehangenen und um eine seiner Hauptaxen sich drehenden Körpers gründet. Foucault hat den neuen Apparat Gyroskop genannt. In diesem Apparate gibt es eine vollkommen bestimmte unbewegliche Ebene, unterhalb welcher in Wirklichkeit die Erde sich dreht; aber wie bei dem Pendelversuche glaubt der Beobachter, der sich mit der Erde bewegt, die genannte Ebene von Ost nach West fortrücken zu sehen. Ich will in der Kürze die vom Verfasser selbst gegebene Beschreibung seines feinen Apparates hier wiederholen.

Der Körper, welchen Foucault ausgewählt hat, um ihn in eine schnelle und anhaltende Umdrehung zu versetzen, ist ein kreisförmiger Ring, dessen verticale und horizontale Projection in den beiden

Figuren 239 und 240 gezeichnet ist. Dieser Ring ist von Bronze, und innerhalb eines Metallkreises aufgestellt, von dem die Stahlaxe, auf welcher der bewegliche Ring sitzt, einen Durchmesser bildet; der auf dieser Axe senkrechte Durchmesser wird durch zwei scharfe, in derselben geraden Linie liegende Schneiden auf dem äußern Umfange desselben Kreises bezeichnet. Die Schneiden sind so gerichtet, daß wenn sie

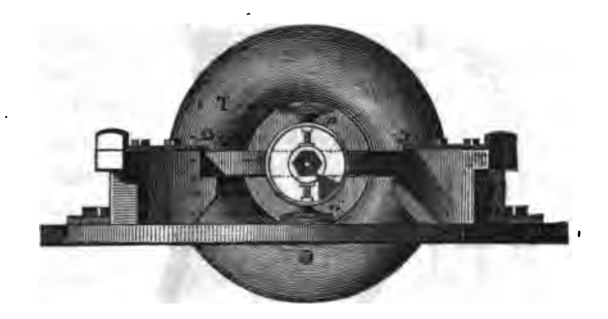


Fig. 239. — Ring von Foucault's Gyroskop (verticale Projection).

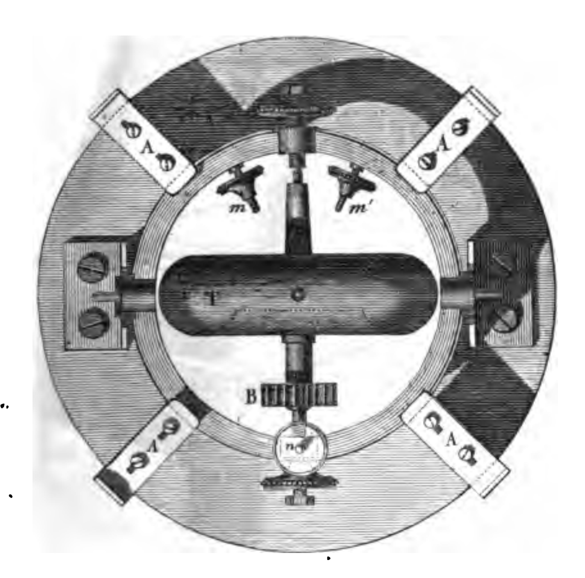


Fig. 240. — Ring von Foucault's Gyroskop (horizontale Projection).

nach unten liegen, die Ebene des Kreises und die Axe des Ringes horizontal sind. In dieser Lage setzt man den Ring auf eine besondere Vorrichtung (Fig. 241), um ihm eine große Geschwindigkeit zu ertheilen. Zu diesem Zwecke wird das Zahnrad B, das sich auf der Axe



Fig. 241. — Apparat, um den Ring des Foucault'schen Gyroskopes in Drehung zu versetzen.

des Ringes befindet, mit einem passenden Räderwerke, das durch eine Welle umgedreht werden kann, in Eingriff gesetzt. Der Kreis, welcher die Axe des Ringes trägt, wird auf dem Räderwerke durch Stücke A befestigt, die man nachher zurückzieht, um ihn hinwegnehmen zu können, sobald man die Geschwindigkeit der Bewegung für hinreichend groß erachtet. Man bringt dann den Kreis mit dem Ringe in einen anderen Apparat (Fig. 242, S. 46) in der Weise, daß die beiden Schneiden in einen verticalen Kreis zu liegen kommen, der an einem Faden ohne Torsion aufgehangen ist und sehr leicht auf einer Spitze ruht. Die kleinen Gewichte m, m′, n und n′, von denen die ersteren in horizontaler, die letztern in verticaler Richtung beweglich sind, dienen, um durch einen vorläufigen Versuch den Schwerpunkt des Systemes genau in die Verlängerung des Aufhängefadens zu bringen. Man ist also sicher, daß die Schwerkraft weder auf die Umdrehungsbewegung des Ringes um die Axe seiner Figur, noch auf das ganze System einen Einfluß ausübt. Die Umdrehungsebene des Ringes wird sich folglich in der Lage, in welche man sie anfangs bringt, unverändert erhalten. Der Ring nimmt nicht mehr an der täglichen Umdrehung unserer Erde Theil, und die daraus hervorgehende relative Verrückung laßt sich leicht nachweisen, entweder indem man durch ein zur Seite des Apparates aufgestelltes Mikroskop den Vorübergang von Strichen einer auf dem verticalen Aufhängekreise angebrachten Theilung vor den Fäden eines im Mikroskope befindlichen Fadennetzes beobachtet, oder indem man auf einem eingetheilten horizontalen Kreise die Bewegungen einer an demselben verticalen Kreise angebrachten langen Nadel verfolgt.

Die Umdrehungsbewegung der Erde ist auf diese Weise für Jedermann durch ein kleines, leicht transportables Instrument wahrnehmbar gemacht. Wer nicht das klar vor Augen Liegende leugnen will, kann heute nicht mehr eine Bewegung in Zweifel ziehen, die durch so viele astronomische und physikalische Beweise dargethan wird.

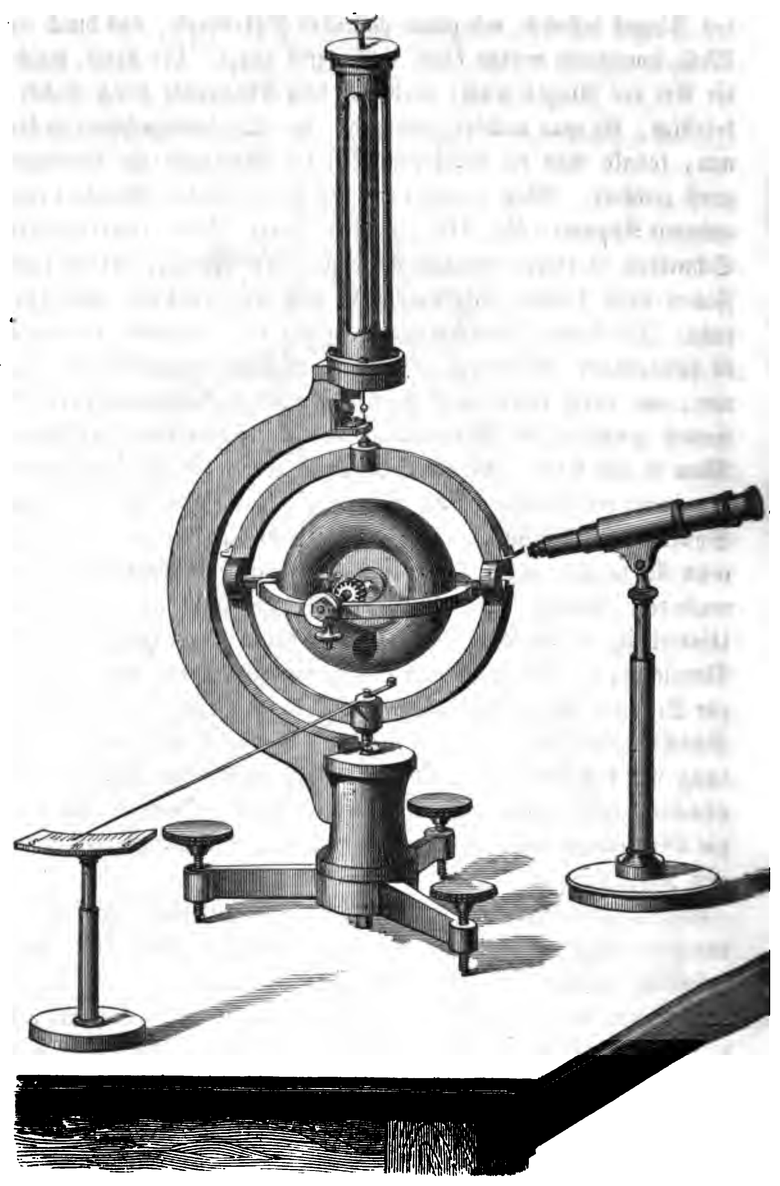


Fig. 242. — Foucault's Gyroskop.

Siebentes Kapitel.

Die Oberfläche der Erde.

Wir haben schon gesehen, daß die physische Beschaffenheit des Merkur und der Venus mit der unserer Erde, wenigstens in Betreff der auf ihrer Oberfläche vorhandenen Unebenheiten, eine große Aehnlichkeit darbietet. Der Astronom betrachtet allerdings die Oberflächen der Planeten durch starke Fernröhre, kann aber aus seinen Beobachtungen fast nur Schlüsse über die Aehnlichkeit oder Unähnlichkeit mit der Beschaffenheit der Erde ableiten; eine gründliche Kenntniß unseres Erdkörpers ist nöthig, um ihm in seinen Untersuchungen über die Himmelskörper zum Führer zu dienen. Geographische Grundbegriffe werden also einen unentbehrlichen Theil eines vollständigen astronomischen Lehrbuchs bilden.

Der oben (S. 4) definirte Erdäquator theilt die Erde in zwei Halbkugeln, in eine nördliche, auf der Seite des Nordpols, und in eine südliche, auf der Seite des Südpols gelegene. Ein großer Theil, beinahe drei Viertheile von der Gesammtoberfläche beider Halbkugeln, ist vom Meere bedeckt, d. h. von einer zusammenhängenden Wasserschicht, aus welcher, von einander getrennt, verschiedene Strecken Land hervorragen. Das in der nördlichen Halbkugel gelegene Land hat fast eine drei Mal größere Ausdehnung als das in der südlichen. Dies Land bildet Inseln; drei dieser Inseln zeichnen sich vor den andern durch ihre verhältnißmäßig große Ausdehnung aus: nämlich der alte Continent, umfassend Europa, Asien und Afrika; der neue Continent, genannt Amerika, und endlich Neuholland oder Australien oder der Südcontinent. Indem das Meer in das Innere der Länder eindringt, bildet es Binnenmeere mit einem oder mehreren Ausgängen, Meerbusen, Baien, Meerengen, Canäle, Häfen und Rheden.

Denkt man sich auf der Oberfläche der Continente eine Reihe von Punkten, die sämmtlich in gleicher Höhe über der mittleren allgemeinen Oberfläche des Meeres liegen, und verbindet alle diese Punkte durch eine zusammenhängende Linie, so erhält man eine sogenannte Niveaulinie.

Die Wasserflächen, welche im Innern der Länder liegen und mit

dem Meere nicht in Verbindung stehen, bilden Seen, Lachen und Teiche. Die Wasser, welche auf der Oberfläche der Continente oder Inseln fließen, um sich ins Meer zu ergießen, bilden Quellen, Bäche, Gießbäche, Flüsse und Ströme.

Das feste Land liegt nicht überall, wie man sonst glaubte, oberhalb des Meeresspiegels.

In den beiden großen Continenten gibt es ungeheure Flächenräume, die fast so eben sind wie das Meer; man bezeichnet sie mit verschiedenen Namen, deren Kenntniß nicht unwichtig ist.

In Asien heißen diese Flächenräume Steppen. Die ausgedehntesten Steppen auf der Erde, wie auch zugleich die am höchsten über dem Meeresspiegel gelegenen, erstrecken sich in einer Länge von mehr als 1000 Meilen im Süden des Altai von der chinesischen Mauer bis zum Aralsee. Einige sind mit gewöhnlichen oder mit Salzpflanzen bedeckt; andere zeichnen sich aus durch salzige Auswitterungen wie frischgefallener Schnee. Die kriegerische Horde, welche unter dem Namen der Hunnen vor mehreren hundert Jahren Europa verheerte, war aus den mongolischen Steppen gekommen.

In Afrika heißen diese großen Ebenen Wüsten; ihr Boden wird vom dürrsten Sande gebildet; nirgends erblickt das Auge in ihnen eine Spur von Vegetation; die wellenförmigen Biegungen dieser Gegenden sind äußerst unbedeutend, und die Völkerschaften, welche sie in Caravanen in der Richtung von dem Ufer des mittelländischen Meeres nach Tombuktu durchziehen, nennen sie einstimmig Sandmeere. Sie dehnen dieses Bild noch weiter aus, und nennen das Kameel, dessen Kraft, Ausdauer und Enthaltsamkeit allein es möglich macht, so unfruchtbare Gegenden zu durchreisen, das Schiff der Wüste. Wenig zahlreiche Heerden von Straußen oder von Gazellen, Löwen und Panther sind die einzigen Thiere, welche die afrikanischen Wüsten durchirren.

Die afrikanischen Wüsten füllen einen Raum aus, welcher den des Mittelmeeres fast drei Mal an Größe übertrifft. Man hat in demselben hie und da einige nur wenig ausgedehnte Oertlichkeiten gefunden, die reichlich mit Quellen versehen, und mit Datteln und üppigem Pflanzenwuchse bedeckt sind: sie werden Oasen genannt.

In der neuen Welt heißen die Wüsten von Venezuela Llanos (Ebenen). Dieser Name paßt vollkommen für dieselben, denn oft entdeckt das Auge im Umkreise von mehreren Meilen keinen Punkt, der nur einige Fuß über einen andern hervorragte. Die Llanos nehmen einen Raum von 16000 Quadratmeilen ein. Zu gewissen Zeiten liegen sie verödet, wie das libysche Sandmeer; zu andern Zeiten des Jahres sind sie mit Graswuchs bedeckt, wie so viele Steppen von Mittelasien, nachdem sie zum Theil während der Regenzeiten überschwemmt worden sind.

Kaum findet man in diesem weiten Landstriche einige Dörfer an den Ufern der Flüsse; überall schwärmen zahllose Schaaren verwildeter Stiere, Pferde und Maulesel in der Steppe herum. Die ungeheure Vermehrung dieser Thiere ist um so bewundernswürdiger, da sie mit mannichfaltigen Feinden zu kämpfen haben, nämlich mit dem ungemähnten Löwen, brasilianischen Tiger, den Krokodilen, riesenhaften Schlangen und, was nicht ihr wenigst furchtbarer Feind ist, den Gymnoten oder Zitteraalen.

Die im Südosten von Amerika gelegenen Wüsten werden in Buenos Ayres mit dem Namen Pampas belegt. Sie übertreffen die Llanos von Venezuela dreimal an Flächeninhalt. Man findet in der ganzen Erstreckung der Pampas den casuar-ähnlichen Tuyu (Struthio Rhea) und verwilderte Hunde, welche gesellig in unterirdischen Höhlen wohnen.

In Nordamerika heißen die Steppen Savannen; in ihnen findet man den Mouflon, den Bison und den Moschusstier.

In Europa kann man die Gegenden, welche von einem einzigen Alles verdrängenden Pflanzenzuge bedeckt sind, und die gewöhnlich den Namen der Heiden führen, als kleine Steppen betrachten; so z. B. die sich von der Spitze von Jütland bis an den Ausfluß der Schelde erstreckenden Heideländer.

Jede höhere Erhebung des Terrains über die Umgebung heißt Berg, (im Französischen montagne; mont hat dieselbe Bedeutung, wird aber nur vor Eigennamen gebraucht).

Anhöhe (colline) nennt man jeden Berg von kleiner Dimension, besonders wenn er sich aus der Ebene nur unmerklich erhebt; eine kleine Anhöhe heißt im Französischen coteau.

Hügel (monticule) wird gebraucht, wenn von einer noch geringern Erhebung des Terrains die Rede ist.

Man unterscheidet bei einem Berge die Grundfläche (base), den Gipfel (sommet oder cime), und die Abhänge (flancs, pentes, versants).

Die Felsen und Erdmassen, welche von einem Berge herabstürzen, sammeln sich zuletzt an seinem Fuße, weshalb dieser Theil stets der wenigst steile ist.

Wenn der Gipfel eines Berges sich von der allgemeinen Masse so zu sagen abhebt, indem er plötzlich einen sehr steilen Abfall annimmt, so heißt er Pic; wie z. B. in den Pyrenäen der Pic du Midi von Bigorre, und in den Alpen der Pic-Blanc in der Nähe des Monte Rosa; ferner der Pic de Teyde auf der Insel Teneriffa.

Wenn der Gipfel zackig und sehr spitz ist, so heißt er Horn oder Nadel (aiguille, dent); so in den Alpen die Aiguille du Dru, Aiguille du Plan u. s. w.; die Dent de Jaman u. s. w.

Jeder abgeplattete Gipfel ist eine Hochebene (plateau).

Ein abgerundeter Gipfel heißt Kuppe oder Kopf (dôme, ballon).

Wenn auch diese verschiedenen Formen in allen Gebirgsarten angetroffen werden, so kann man doch sagen, daß die Ebenen und wenig steilen Anhöhen gewöhnlich aus fast horizontalen Schichten gebildet sind; daß die converen Gipfel meistens aus Felsmassen bestehen, die durch atmosphärische Einflüsse leicht verwittern, wie die Granitmassen der Gebirge in der Mitte von Frankreich, der Vogesen, ferner in Sachsen, Böhmen und Cornwall; daß Hochebenen in Gebirgen aus Sandstein und secundärem Kalksteine, und allgemein in denen mit horizontalen Schichten sich finden; daß Nadeln häufiger auf granitischem Boden, oder Boden mit verticaler Schichtenstellung angetroffen werden; und daß endlich kegelförmige Gipfel entweder durch pulverförmige vulkanische Producte oder durch zerreibliche Sandsteine gebildet werden, die nach Lösung des Zusammenhangs zwischen den einzelnen Theilchen auf allen Seiten die Neigung der natürlichen Böschung anzunehmen streben müssen.

Nimmt man einige ältere oder neuere Vulkane aus, wie z. B. den Vesuv, Aetna, Pic von Teneriffa, Puy-de-Dôme u. s. w., so

bietet unser Erdkörper nur sehr wenige isolirte Berge dar; im Allgemeinen sind die Berge aneinandergereiht und bilden theils sogenannte Kettengebirge oder Bergketten (chaînes), theils Massengebirge oder Gebirgssysteme.

Mehrere Berge, welche sich aneinander schließen, und deren Grundflächen in einer mehr oder weniger wellenförmigen Linie sich berühren, bilden eine Bergkette.

Um einzusehen, wie die gewöhnlichste Anordnung der verschiedenen Theile ist, aus denen eine Bergkette besteht, wollen wir uns denken, daß ein sehr langes dreiseitiges Prisma mit einer seiner Seitenfläche mitten auf einer ausgedehnten Ebene ruhe, und so eine Art gedrücktes Dach bilde. Die horizontale Fläche des Prismas wird die Basis der Bergkette sein; die beiden geneigten Seitenflächen heißen die Abfälle; der Durchschnitt der beiden Seitenflächen oder die obere Kante heißt der Rücken oder Kamm; die unterhalb der Abfälle gelegenen Theile bilden den Fuß. Die Entfernung von dem Fuße der einen Seite bis zu dem der andern heißt die Breite der Kette; während das vom Rücken auf die Grundfläche gefällte Perpendikel die Höhe mißt.

Der Raum zwischen zwei Bergketten heißt ein Thal (vallée); es ist ein Hauptthal, wenn es einem großen fließenden Wasser zur Wiege dient. Die seitlichen Zweige, welche oft die Gebirgsketten darbieten, und welche die kleinern Thäler des Hauptthales bilden, nennt man Gebirgsjoche (rameaux). Unter einer Nebenkette (chaînon) versteht man eine Reihe kleiner Berge, welche von der Hauptkette geschieden in einer nahe parallelen Richtung damit fortlaufen. Besitzt diese Nebenkette nur eine geringe Ausdehnung, so heißt sie Vorberg (contrefort). Den Kamm der Gebirgsjoche, Nebenketten und Vorberge nennt man Rücken (crête). Die Abhänge eines Gebirgsjoches heißen Jochgehänge. Die Thäler, welche in den Abhängen einer Nebenkette oder von Vorbergen ihren Ursprung nehmen, werden Thäler zweiter Ordnung, Schluchten, Gründe genannt, in dem Maaße als sie eine geringere Ausdehnung haben oder sich enger zusammenziehen.

Wenn ein Gebirgskamm sich dergestalt einbiegt, daß er eine Art Uebergang von dem einen Abfalle zum andern gewährt, so heißt dieser Uebergang Paß (col, port, pas, pertuis); ist dieser Ueber-

gang sehr eng zwischen zwei steilen Wänden, so erhält er den Namen Engpaß (défilé).

Der Rücken einer Gebirgskette bildet natürlich die Wasserscheide, d. h. die Linie, von welcher die Wasser nach den beiden Abfällen fließen, um sich in zwei verschiedene Thäler zu begeben. Bisweilen ist der Rücken sehr breit; so hat z. B. der Lang-Field in Norwegen an gewissen Punkten eine Breite von 4, 5 und sogar 6 Meilen, und in Mexico zeigt der Rücken der Cordillerenkette in einer Höhe von 7000 Fuß eine Breite, die bis 25 Meilen geht.

Betrachtet man den Abfall eines Berges als eine Ebene, welche den Gipfel mit dem Fuße verbindet, so ist es leicht, seine Neigung gegen den Horizont zu bestimmen. Diese Neigung ist der mehr oder weniger spitze Winkel, welchen die durch den Fuß gelegte Horizontalebene mit der soeben angenommenen Ebene bildet. Die Neigung des nördlichen Abfalles der Pyrenäen ist 3 bis 4°; die des südlichen Abfalles der Hauptalpen, gemessen gegen die Ebene der Lombardei oder Piemonts, beträgt nur 3¾°. Dies Resultat hindert aber nicht, daß nicht der Fall eintritt, daß man selbst beim Verfolgen des Rückens eines Gebirgsjoches nicht oft viel steilere Böschungen zu ersteigen hat. Eine Böschung von 7 bis 8° ist schon stark, und für Fuhrwerke fast das Maximum; in Frankreich dürfen gesetzmäßig die Hauptstraßen keine größere Steigung als 4°46′ haben. Ein Abhang von 15° Neigung kann von beladenen Saumthieren kaum erstiegen werden: der Mensch kann eine Böschung von 35° nicht mehr erklimmen, wenn der Boden felsig oder zu dicht berast ist, so daß man keine Stufen einschneiden kann; 42° ist die stärkste Steigung, die man zu Fuß in einem sandigen oder mit vulkanischen Aschen bedeckten Terrain erklimmen kann; eine Böschung von 45° ist unzugänglich, selbst mittelst Stufen [16]).

Bouguer (Figure de la Terre S. CIX.) sagt, es sei unmöglich einen Berg zu ersteigen, dessen Abhang mit dem Horizonte einen Winkel von 35 oder 36° bilde, wenigstens wenn man sich nicht an Kräutern oder Sträuchern halten könne, oder die Felsen, aus denen der Berg besteht, nicht eine Art Stufen bilden; von seinem Signal auf dem Cotopaxi bis zur untern Grenze des Schnees hatte der Abhang

diese Steigung; beim Ersteigen aber dienten die kleinen Bimsteinstücke, zwischen welche der Fuß eindrang, als Stützen.

Eine Linie vom Gipfel des Vesuvs nach seinem Fuße bildet mit dem Horizonte einen Winkel von 12° 41′; für den Aetna beträgt die mittlere Böschung 10° 13′; am Pic von Teneriffa findet man eine Steigung von 12° 29′. Die Kegel der Vulkane haben eine mittlere Steigung von 33° bis 40°. Die steilsten Theile an den Kegeln des Vesuvs, des Pic de Teyde, des Pichincha, des Jorullo haben 40° bis 42°. (Humboldt, Rélat. hist. I. 2. S. 152).

Wenn eine Gebirgskette in einem platten Lande oder zwischen zwei Meeren isolirt steht, so trifft man gegen die Mitte ihrer Länge die größten Höhen ihres Kammes; von da aus werden nach den beiden Enden der Kette die Gipfel niedriger, wie man dies in den Pyrenäen bemerkt. Dieser Satz gilt aber nicht mehr für Gebirgsketten, die wie die Vogesen und der Jura Verzweigungen, Seitenarme, Ausläufer eines benachbarten Gebirgssystemes sind.

Die beiden Abfälle einer Gebirgskette sind stets ungleich gegen den Horizont geneigt. Tilas, Bergmann, Kirwan und andere Geologen nehmen an, daß die Richtung der Kette nach den Weltgegenden die Lage des steilsten Abfalles bestimme. Wäre diese Ansicht richtig, so würde sie sehr wichtig sein; denn sie würde beweisen, daß eine allgemeine Ursache, wie z. B. ungeheure Wasserströme, die Bildung der Gebirge veranlaßt hätten, und daß dieselben nicht, wie man jetzt annimmt, durch Hebung entstanden seien.

Um zu erklären, wie die Gebirge außerordentlich steile Abfälle darbieten können, nimmt Kirwan an, daß Anfangs die Wasser des Oceans zwei verschiedene Bewegungen besaßen: die eine von Ost nach West, die andere von Nord nach Süd gerichtet. Er sagt: „Die erste war eine Folge der allgemeinen Richtung der Fluten, die zweite wurde durch ungeheure Abgründe hervorgerufen, die sich in der Nähe des Südpols bildeten. Ist es jetzt, fügt er hinzu, nicht klar, daß die von Nord nach Süd sich erstreckenden Gebirge jener ersten Bewegung nothwendig ein Hinderniß entgegenstellten, und der Flüssigkeit gestatteten die Stoffe, mit denen sie beladen war, auf ihren östlichen Abhängen abzusetzen? Derselbe Schluß ist auf die von Ost nach West

gerichteten Gebirge anwendbar, wenn man sie als einen dem zweiten Strome in den Weg gelegten Damm betrachtet."

Bergmann stellt in seiner physischen Erdbeschreibung folgende zwei Regeln auf: 1) in den nordsüdlich streichenden Gebirgsketten ist der Abfall nach Westen, und 2) in allen ostwestlich streichenden Ketten ist der Abfall nach Süden der steilere und kürzere. Zur Stütze dieser Ansicht kann man unter den von Norden nach Süden streichenden Gebirgen diejenigen anführen, welche Schweden von Norwegen scheiden; ihr Westabfall ist sehr steil, während ihre Ostseite nur eine sehr sanfte Böschung darbietet; ebenso ist der Ural auf der Westseite steiler als auf der Ostseite.

Unter den von Ost nach West streichenden Gebirgen haben die Karpathen nach Ungarn hin eine sehr steil abfallende Südseite, während ihr nördlicher Abhang sanft nach Polen hin herabsinkt. Der nördliche Abfall der Pyrenäen ist nach Ramond's Beobachtungen weniger steil als der südliche; dasselbe gilt nach Daubuisson vom Erzgebirge. Die Alpujarras (Granada) und die Sierra Morena scheinen nach Malte Brun ihre steilen Abhänge ebenfalls nach Süden zu haben. Bei den Gebirgen Guyanas macht sich nach La Condamine der Abfall auf der Südseite bemerklicher als auf der Nordseite. Endlich zeigen auch die Gebirge, welche Sachsen von Böhmen trennen, einen sanften Abfall nach Norden.

Die Cevennen, die Vogesen, der Jura, alles von Norden nach Süden laufende Gebirge, haben ihre stärksten Abfälle nach Ost gewandt; dagegen ist in der Cordillere der Anden umgekehrt der westliche Abhang der steilere. Dasselbe gilt von den skandinavischen Alpengebirgen. Man darf also nicht allgemein mit Bergmann behaupten, daß in den von Norden nach Süden gerichteten Bergketten der westliche Abfall stets der steilere sei.

Ich habe angeführt, daß dieser Gelehrte aus seinen Beobachtungen gleichfalls den Schluß gezogen hatte, daß in den von Ost nach West laufenden Gebirgsketten stets der steilste Abfall nach Süden gerichtet sei. Die Pyrenäen, das Erzgebirge, die Alpujarras stimmen mit dieser Regel überein, dagegen widersprechen ihr die Atlasgebirge, weil sie vorzugsweise auf der Seite nach dem Mittelmeere hin

steil sind, und ebenso der Libanon, dessen steilster Abfall auch nach Norden geht.

Der Satz, daß Gebirge dem nahgelegenen Meere ihren steilern Abhang zukehren, würde weniger Ausnahmen erleiden; die spanischen Gebirge, die Pyrenäen, die Sevennen, die Alpen, die Gebirge in Griechenland, Karamanien, Syrien, der Atlas sind sämmtlich nach dem Mittelmeere zu am steilsten.

Allermeist erscheinen die Gebirge aus übereinander liegenden Schichten gebildet; man sagt dann, sie seien geschichtet.

Die Flächen, welche die verschiedenen Schichten trennen, sind gewöhnlich eben, bisweilen auch gekrümmt, und fast stets untereinander parallel.

Sind diese Schichtungsflächen gekrümmt, so gehören sie stets zu jener Klasse von Oberflächen, welche die Mathematiker abwickelbare Oberflächen nennen, weil man an jedem Punkte eine gerade Linie in dieselbe legen kann.

Saussure glaubt als allgemeine Regeln folgende zwei annehmen zu können:

1) Wenn die Flötzgebirge an die Urgebirge herantreten, so steigen ihre Schichten fast stets nach diesen letzteren hin, an welche sie sich anlegen.

2) Die Flötzgebirge haben ihre steile Böschung stets nach der Urgebirgskette hingewendet.

Unter dem Streichen einer Schicht versteht man die Richtung ihrer Durchschnittslinie mit einer horizontalen Ebene, oder einer in der Schichtungsfläche gezogenen horizontalen Linie. Um das Streichen zu bestimmen, muß angegeben werden, welche Punkte des Horizontes jene Linie trifft.

Das Fallen einer Schicht ist der Winkel, den sie mit dem Horizonte macht.

Beide vorstehenden Bezeichnungen würden selbstverständlich keinen Sinn haben, wenn die Schicht nicht als Ebene betrachtet würde.

Die Geologen betrachten die Schichten als Niederschläge, die ursprünglich sich allmälich im Schooße einer flüssigen Masse gebildet haben.

Wenn die Schichten gleiche Dicken haben, so scheint es nothwendig anzunehmen, daß jener Niederschlag ursprünglich auf einer fast horizontalen Fläche erfolgte. Nun bilden aber solche Schichten oft sehr große Winkel mit dem Horizonte; folglich muß der Boden, der sie trug, nach ihrer Bildung gehoben worden sein; die Neigung dieser Schichten ist ein sicheres Anzeichen von großen Umwälzungen, die unsere Erde erlitten hat.

Gewisse Gebirgsarten zeigen keine sichtbare Schichtung; dies gilt z. B. im Allgemeinen vom Granit und Porphyr.

Es gibt Gesteine, die sich in drei-, vier- u. s. w. bis achtseitige Prismen spalten; die Höhe dieser Prismen beträgt gewöhnlich nur wenige Zolle, man trifft sie aber auch häufig von 30 und bisweilen selbst von 600 Fuß Länge.

Meistens stehen diese Prismen vertical; in dieser Stellung bilden sie die berühmten Basaltsäulenreihen des Vivarais, der Auvergne, Sachsens u. s. w., und den oft genannten Riesendamm an der Küste von Antrim in Irland. Bisweilen sind die Prismen horizontal und in parallelen Richtungen wie Balken in einem Magazine übereinander geschichtet; in andern Fällen scheinen sie nach einem einzigen Mittelpunkte zusammenzulaufen.

Lange Zeit hindurch hat man die prismatische Absonderung als eine charakteristische Eigenschaft vulkanischer Gesteine betrachtet; indeß haben einige Geologen dieselbe Zertheilung auch im Granit, Euritporphyr, in dem Gypse von Montmartre und in den Steinsalzgruben von Northwich gefunden.

Endlich zeigen gewisse Gesteinsvarietäten eine rundliche Form, die bisweilen vollkommen kugelig, gewöhnlicher aber sphäroidisch, und noch häufiger nur knollenförmig ist. Die ausgezeichnetsten Beispiele solcher Felsmassen sind der kuglige Granit (?) von Corsica und der von Saussure beobachtete Kalkspath, in dem sich Kugeln von fast drei Fuß im Durchmesser finden.

Achtes Kapitel.

Geographische Länge und Breite.

Sobald die Menschen auf einen Punkt der von ihnen bewohnten Erde ihre Aufmerksamkeit gerichtet haben, verfehlen sie nicht, ihn mit einem besondern Namen zu bezeichnen, der bisweilen unverändert, oft aber auch mehr oder weniger abgeändert von einem Zeitalter zum andern übergeht. Indeß ist nöthig, daß der so bezeichnete Punkt durch irgend ein leicht aufzufindendes Merkmal, entweder weil er bewohnt ist, oder weil er eine Erhebung des Bodens, eine Vereinigung zweier Flüsse u. s. w. darbietet, wieder erkannt werden kann. In den weiten Ebenen des Meeres oder gewisser Theile der Continente trifft aber das Auge kein Merkzeichen an, lenkt kein Gegenstand den Blick auf sich hin, ist Nichts vorhanden, was der Erinnerung als Anhalt dienen könnte. Man muß daher ein anderes Mittel zur Feststellung der Lage eines Ortes auf der Erde aufsuchen. Man wendet ein Verfahren an, welches dem zur Bestimmung des Ortes eines Sternes an der Himmelskugel analog ist. Wir haben früher (Bd. 11. S. 238 und 262) gesehen, daß man zu diesem Zwecke zwei Coordinatensysteme, das der Rectascensionen und Declinationen, und das der astronomischen Längen und Breiten erdacht hat. Um die Lage eines Ortes auf der Erde zu bestimmen, nimmt man ein System von Coordinaten an, welche die geographischen Längen und Breiten heißen.

Wir wollen zuerst annehmen, daß die Erde eine Kugel sei, eine Annahme, die wie S. 14 gezeigt wurde, sich nicht sehr von der Wahrheit entfernt. Denken wir uns die Erdoberfläche durch eine Reihe von Ebenen geschnitten, welche durch die Umdrehungsaxe der Erde gelegt sind, so erhalten wir beliebig viele größte Kreise. Diese größten Kreise sind die Meridiane für alle Orte der Erde. Gehen wir von einem gewissen Meridiane aus, z. B. von demjenigen, welcher die pariser Sternwarte durchschneidet, und messen den Winkel, welchen der Meridian eines andern nach Westen zu gelegenen Ortes mit diesem Anfangsmeridiane macht, so heißt jener Winkel die Länge dieses Ortes; man drückt sie in Graden, Minuten und Secunden aus, und fügt noch die Richtung, nach welcher man dieselbe gezählt hat, also im vorlie-

genden Falle westlich hinzu. Liegt der Ort nach Osten zu, so verfährt man auf dieselbe Weise, bezeichnet aber die Länge als östliche. Man kann offenbar auch sagen, daß die Längen die auf dem Erdäquator nach West und nach Ost von dem als Ausgangspunkte genommenen Durchschnittspunkte des Anfangsmeridians bis zu den Punkten gerechneten Bogen sind, wo die Meridiane den Aequator schneiden. Da die Erde sich in 24 Stunden um ihre Axe dreht, und also alle Meridiane in ihrer Verlängerung nach einander durch einen und denselben Stern gehen, so kann man die Winkel, welche die Längen messen, durch Stunden, Minuten und Secunden in Zeit ausdrücken. Weil 360° mit 24 Stunden gleichbedeutend sind, so beträgt jede Stunde 15°, jede Minute in Zeit 15′ im Bogen, jede Secunde in Zeit 15″ im Bogen. Die Längen werden nicht über 180° oder 12 Stunden hinausgezählt.

Die verschiedenen Völker haben nicht denselben Meridian als Anfangspunkt für die Längen angenommen: in Frankreich zählt man die Längen von dem Meridiane der pariser Sternwarte; in England zählt man sie bald von dem Meridiane der greenwicher Sternwarte, bald von dem der St. Paulskirche in London; in Deutschland nimmt man als ersten Meridiane den durch Ferro, die westlichste der canarischen Inseln gelegten. Die Astronomen haben sich über die Annahme eines einzigen Meridians, z. B. wie vorgeschlagen wurde, des durch die Insel Ferro gelegten, nicht verständigen können.

Denken wir uns nun die kugelförmig angenommene Erde durch eine Reihe von Ebenen geschnitten, die senkrecht auf der Polare stehen, so geben ihre Durchschnitte mit der Oberfläche eine Reihe von Kreisen, welche Parallelkreise oder Breitenkreise heißen. Wird die Entfernung eines Breitenkreises vom Aequator gemessen, indem man sie auf einem Meridiane zählt, so gibt dies die Breite aller Orte, welche auf diesem Breitenkreise liegen. Die Breiten werden in Graden, Minuten und Secunden von 0 bis 90° ausgedrückt, und sind nördliche oder südliche, je nachdem die Orte, für welche sie gelten, auf der nördlichen oder südlichen Halbkugel liegen. Ich habe Bd. 12. S. 205 gezeigt, daß die Breite eines Ortes mit der Höhe des Poles an demselben über dem Horizonte übereinstimmt.

Die Benennungen Längen und Breiten stammen von den Römern; dieselben kannten nur einen kleinen Theil der Continente, und dieser Theil hatte in der Richtung von Osten nach Westen eine größere Ausdehnung als in der von Norden nach Süden; daher der Name Länge (longitudo) für eine in der Richtung der größern Dimension der bekannten Welt gemessene Entfernung, und der Name Breite (latitudo) für eine in der Richtung der kleinern Dimension liegende Entfernung.

Wird, wie es in der That richtig ist, die Erde nicht kugelförmig angenommen, so sind die Parallelkreise und Meridiane auf der Erde keine Kreise mehr.

Die senkrecht auf die Umdrehungsaxe unserer Erde gelegten Ebenen schneiden ihre Oberflächen in Linien, die man dennoch fortfährt Parallelkreise zu nennen; ein Parallelkreis besteht in Wirklichkeit aus einer Reihe von Punkten, welche alle dieselbe Breite besitzen oder für welche die Höhe des Poles über dem Horizonte gleich groß ist. Der Erdäquator ist eine Linie, welche durch alle Punkte geht, deren Breite Null ist; unter den Polen ist die Breite 90°.

Die Meridianebene eines Ortes ist in Wirklichkeit die Ebene, welche parallel mit der Umdrehungsaxe der Erde durch die Verticale dieses Ortes gelegt ist; die Meridianebenen, welche einen und denselben Winkel mit dem Meridiane desjenigen Ortes bilden, der als Anfangspunkt für die Längen dient, fallen nicht nothwendig in eine und dieselbe Ebene zusammen; sie sind nur unter sich parallel. Betrachtet man also die Erde nicht als Kugel, so darf man der Linie, welche auf der Erdoberfläche durch alle Punkte von derselben Länge gezogen ist, nicht den Namen Meridian geben; man nennt sie Mittagslinie.

Nach Vorausschickung dieser Definitionen können wir in der Untersuchung der Erdoberfläche fortfahren; es wird jetzt keine Schwierigkeit haben, die merkwürdigen Punkte, die angegeben werden sollen, zu bezeichnen.

Neuntes Kapitel.

Ueber das relative Alter der verschiedenen Gebirgsketten.

Cicero sagte, er begriffe nicht, wie zwei Auguren sich ansehen könnten, ohne zu lachen. Vor einer gewissen Reihe von Jahren hätte man diesen Ausspruch auch auf die Geologen anwenden können, ohne daß dieselben berechtigt gewesen wären, darüber zu klagen; denn der von ihnen vertretene Zweig des Wissens bestand damals aus einer bloßen Sammlung seltsamer Hypothesen, deren Nothwendigkeit durch keine genaue Beobachtung bewiesen war. Heutiges Tages nimmt die Geologie dagegen einen Platz unter den exacten Wissenschaften ein. Die Zahl der Specialuntersuchungen, aus denen sie besteht, ist ungemein groß; die gesammelten Thatsachen sind ebenso zahlreich als gut beobachtet; einige der aus ihnen folgenden allgemeinen Resultate verdienen im höchsten Grade alle Beachtung, denn sie klären uns auf über den Anfangszustand unserer Erde und über die furchtbaren physischen Revolutionen, welche dieselbe in sehr entlegenen Zeiten, zwischen welchen wieder Perioden der Ruhe lagen, erlitten hat.

Unter diesen großen Phänomenen ist die Frage nach dem relativen Alter der verschiedenen Gebirgsketten Europas mit einer Klarheit und Strenge der Methode gelöst worden, welche Herrn Elie de Beaumont zur größten Ehre gereicht.

Fast allgemein hat jetzt die Ansicht Geltung gefunden, daß die Gebirge durch Hebung entstanden, daß sie aus dem Schooße der Erde hervorgegangen sind, indem sie mit Gewalt deren Rinde durchbrachen, so daß es vielleicht eine Zeit gegeben hat, in welcher die Oberfläche der Erde keine bemerkenswerthe Unebenheit darbot.

Mit der Annahme dieser großartigen Idee sind bis dahin unüberwindliche Schwierigkeiten aus der Wissenschaft verschwunden. Man sieht z. B., daß sich das Vorkommen von Muscheln auf dem Gipfel der höchsten Berge erklären läßt, ohne zu der Annahme gezwungen zu sein, daß das Meer sie in ihrer gegenwärtigen Gestalt bedeckt habe; man braucht nur zu sagen, daß diese Berge beim Aufsteigen aus dem Schooße der Gewässer auch die im Meere abgesetzten und die Stelle, wo

sie aufstiegen, bedeckenden Schichten mit nahmen und bis zu 9000 oder 12000 Fuß Höhe emporhoben.

Nachdem die Bildung der Gebirge durch Hebung in die Geologie Eingang gefunden hatte, bot sich eine Menge von wichtigen Untersuchungen dar: so mußte man sich z. B. die Frage vorlegen, ob alle großen Gebirgsketten zu derselben Zeit aufgestiegen seien, und im Fall einer verneinenden Antwort, welches die Reihenfolge ihres relativen Alters sei.

Dies sind grade die Fragen, welche Herr Elie de Beaumont behandelt, und, wie Alles glauben läßt, vollständig gelöst hat.

Der Einfachheit der Darstellung wegen lasse ich hier den Abdruck eines Aufsatzes folgen, den ich im Jahre 1830 in dem Annuaire des Längenbureau veröffentlicht habe. Es sind darin nur erst vier Hebungen unterschieden, während Elie de Beaumont, wie ich nachher anführen werde, jetzt 24 solche verschiedene Hebungen festgestellt hat. Ich werde zunächst diese vier Hebungen näher bezeichnen, und dann die Beweise für ihre Aufeinanderfolge anschließen.

Das System des sächsischen Erzgebirges, der Côte-d'Or in Burgund, des Pilas in Forez sind unter den Gebirgen, deren Bildung Elie de Beaumont untersucht hat, diejenigen, welche zuerst gehoben wurden.

Die Systeme der Pyrenäen und Apenninen, wenn auch über einen größern Raum ausgedehnt und höher, sind doch bei weitem jüngern Alters.

Das System der westlichen Alpen, zu welchen der riesige Montblanc gehört, ist erst lange nach den Pyrenäen gehoben worden.

Eine vierte Hebung endlich, später als die drei eben erwähnten, hat den Centralalpen (St. Gotthard), den Bergen Ventour und Leberon bei Avignon, und aller Wahrscheinlichkeit nach dem Himalaya in Asien und dem Atlas in Afrika ihre Entstehung gegeben.

Diese Resultate habe ich vorangestellt in der Erwartung, daß das Auffällige derselben den Leser veranlassen würde, den etwas umständlichen Details, die uns zum Nachweise ihrer Richtigkeit dienen sollen, mit um so größerer Aufmerksamkeit zu folgen.

Unter den Gebirgsmassen von mannichfach verschiedener Beschaffenheit, welche die Erdrinde bilden, gibt es einige, welche sedimentäre Gesteine genannt werden.

Die sogenannten sedimentären Gesteine sind ganz oder zum Theil aus vom Wasser fortgeführten zerriebenen Massen, ähnlich dem Schlamme unserer Flüsse oder dem Sande an den Gestaden des Meeres, gebildet. Wird dieser mehr oder weniger feinkörnige Sand durch kalk- oder kieselerdehaltige Bindemittel zusammengekittet, so entsteht der sogenannte Sandstein.

Gewisse kalkige Gesteine werden auch zu den sedimentären gerechnet, selbst dann, wenn sie (was sehr selten ist) beim Auflösen in Salpetersäure keinen Rückstand lassen, dagegen aber, was wohl der beste Beweis ist, durch Einschluß von Muschelüberresten darthun, daß ihre Bildung ebenfalls im Schooße der Gewässer stattgefunden hat.

Die sedimentären Gesteine bestehen stets aus aufeinanderfolgenden deutlich sichtbaren Schichten. Die neuesten dieser Bildungen kann man in vier Abtheilungen (Formationen) bringen, die nach der Reihenfolge ihres Alters heißen:

Oolithkalkstein oder Jurakalkstein,

Grünsand und Kreide,

Tertiäre Formation, und endlich

Diluvial- und Alluvialbildungen oder angeschwemmte Schichten.

Für den Zweck, den ich im Auge habe, ist eine genaue Definition dieser Formationen überflüssig. Ich hätte dieselben sogar nicht einmal zu nennen brauchen, sondern mich begnügen können, sie mit den Ordnungszahlen 1 bis 4 zu bezeichnen. Nr. 1 würde z. B. die älteste der vier sedimentären Formationen gewesen sein, welche von den andern bedeckt wird, mit einem Worte der Jurakalkstein, während Nr. 4 den obersten Schichten, dem angeschwemmten Lande angehört hätte. Indeß will ich hier einige ganz kurze Erläuterungen über die Beschaffenheit und das Aussehen dieser verschiedenartigen Ablagerungen geben.

Herr A. von Humboldt hat mit dem Namen des Jurakalkes jene ausgedehnte Ablagerung bezeichnet, aus welcher ein sehr großer Theil des Jura besteht, und die aus einem weißlichen Kalksteine gebildet ist, der bald dicht und gleichförmig erscheint, wie der daraus gewonnene lithographische Stein, bald aus kleinen rundlichen Körnern, sogenannten Oolithen oder Roggensteinen, zusammengesetzt, woher auch die Benennung oolithischer Kalkstein rührt.

Die sedimentäre Formation, welche man unter dem Namen Grünsand und Kreide begreift, besteht aus aufeinanderfolgenden Schichten von Sandsteinen, welche oft mit einer großen Menge kleiner grüner Körner eines Eisenoxydulsilikates gemengt sind, und von sehr mächtigen Kreideschichten bedeckt werden. Die Schichten der beiden Gesteinsarten, welche die Gestade des Canals bilden, sind der Typus dieser Gebirgsarten.

Die tertiäre Formation ist die in der Umgegend von Paris vorkommende; sie besteht aus einer sehr mannichfachen Abwechselung aufeinanderfolgender Schichten von Thon, Kalkstein, Mergel, Gyps, Sand- und Mühlsteinen.

Die ältern angeschwemmten Gebilde erhalten ihre Namen von ihrer Aehnlichkeit mit den heut zu Tage durch fließendes Wasser erzeugten Anschwemmungen.

Wenn gleich alle diese Gesteinsmassen aus dem Wasser abgesetzt worden sind, und an denselben Localitäten übereinandergeschichtet angetroffen werden, so geschieht doch der Uebergang von einer Formation zur folgenden nicht in unmerklichen Abstufungen. Man beobachtet dann stets eine plötzliche und scharfe Aenderung in der physischen Beschaffenheit des Niederschlags und der organischen Ueberreste, welche sich darin finden. Daraus geht also hervor, daß zwischen der Epoche, in welcher der Jurakalk sich absetzte, und der darauffolgenden, in welcher die ihn bedeckende Grünsand- und Kreideformation durch Niederschlag gebildet wurde, auf der Oberfläche des Erdkörpers ein völlig neuer Zustand eingetreten ist. Dasselbe kann man von der Zeit sagen, welche den Absatz der Kreide von dem der tertiären Schichten trennt, so wie es ebenfalls sich klar nachweisen läßt, daß überall der Zustand oder die Beschaffenheit der Flüssigkeit, aus welcher die Niederschläge erfolgten, zwischen der Periode der tertiären Formation und der der ältern Diluvialschichten ein völlig anderer geworden sein mußte.

Diese beträchtlichen, scharfen und nicht allmälichen Aenderungen in der Beschaffenheit der aufeinanderfolgenden Niederschläge aus dem Wasser werden von den Geologen als die Wirkungen von sogenannten Erdumwälzungen angesehen. Selbst dann, wenn es schwierig scheinen

könnte, ganz genau anzugeben, worin diese Umwälzungen bestanden, ist doch ihr Vorhandensein nicht minder gewiß.

Ich habe von der chronologischen Aufeinanderfolge gesprochen, in welcher die verschiedenen sedimentären Gebirgsformationen abgesetzt worden sind; ich muß daher noch hinzufügen, daß man diese Ordnung bestimmt hat, indem man jedes Gestein ohne Unterbrechung bis in Gegenden verfolgte, wo man mit aller Bestimmtheit und in großer horizontaler Ausdehnung sich überzeugen konnte, daß eine gewisse Schicht auf eine andere aufgelagert war. Die von Natur vorhandenen Abfälle, ebenso wie die steilen Ufer des Meeres, die gewöhnlichen und artesischen Brunnen, endlich die Durchstiche der Canäle haben in dieser Beziehung große Hülfe geleistet.

Ich habe schon bemerkt, daß die sedimentären Gebirgsmassen geschichtet sind. In ebenen Gegenden ist die Lagerung dieser Schichten, wie sich erwarten läßt, fast horizontal; mit der Annäherung an bergige Gegenden verliert sich im Allgemeinen die horizontale Lage; und an den Abhängen der Gebirge sind gewisse dieser Schichten stark geneigt, ja stehen bisweilen selbst vertical.

Haben sich die geneigten sedimentären Schichten, welche man an den Abhängen der Gebirge antrifft, in solchen schiefen oder verticalen Lagen absetzen können? Erscheint nicht die Annahme naturgemäßer, daß sie gerade so wie die gleichzeitigen Schichten von derselben Beschaffenheit, welche die Ebenen bedecken, ursprünglich horizontale Bänke bildeten und in dem Augenblicke des Aufsteigens der Gebirge, auf deren Abhängen sie jetzt ruhen, gehoben und aufgerichtet wurden?

Bei ganz allgemeiner Betrachtung erscheint es nicht unmöglich, daß die Abfälle der Gebirge sich an Ort und Stelle und in ihrer jetzigen Stellung mit sedimentären Ablagerungen bedeckt hätten, da wir ja täglich sehen, wie die verticalen Wände der Gefäße, in welchen gypshaltiges Wasser verdampft, sich mit einer Salzschicht bekleiden, deren Dicke beständig zunimmt; indeß ist die Frage, welche wir uns vorgelegt haben, nicht so allgemein gestellt; es handelt sich vielmehr nur darum zu erfahren, ob die bekannten sedimentären Gesteinschichten sich auf diese Weise abgesetzt haben. Darauf aber ist die Antwort eine verneinende, wie ich sogleich durch zwei wesentlich verschiedene Betrachtungen nachweisen werde.

Unbestreitbare geologische Beobachtungen haben ergeben, daß die Kalkschichten, welche die 10000 bis 12000 Fuß hohen Gipfel des Buet in Savoyen und des Mont Perdu in den Pyrenäen bilden, gleichzeitig mit der Kreide an den Ufern des Canals entstanden sind. Hätte die Wassermasse, aus welcher diese Gesteine sich abgesetzt haben, eine Höhe von 10000 bis 12000 Fuß erreicht gehabt, so würde Frankreich ganz und gar von ihnen bedeckt worden sein, und die entsprechenden Ablagerungen müßten an allen Orten, welche nicht höher als 10000 Fuß sind, vorkommen. Nun beobachtet man aber grade im Gegentheil, daß diese Kreideschichten in dem nördlichen Frankreich, wo diese Lagen sehr wenig verworfen zu sein scheinen, niemals eine größere Höhe als 600 Fuß über das jetzige Meeresniveau erreichen. Sie zeigen genau das Verhalten einer Ablagerung, die sich in einem mit Wasser erfüllten Bassin bildete, in welchem das Niveau der Flüssigkeit keinen der Punkte erreichte, die sich heutiges Tages höher als 600 Fuß erheben.

Ich gehe zu einem zweiten Beweise über, der Saussure entlehnt ist und noch überzeugender zu sein scheint.

Die sedimentären Schichten schließen oft Gerölle oder Geschiebe von beinahe elliptischer Gestalt ein. An Orten, wo die Schichten eine horizontale Lage haben, liegen alle großen Axen dieser Gerölle horizontal, aus demselben Grunde, aus welchem ein Ei nicht auf seiner Spitze steht; wo aber diese Schichten unter einen Winkel von 45° fallen, bilden die großen Axen vieler jener Gerölle ebenfalls einen Winkel von 45° mit dem Horizonte; stehen die Schichten vertical, so haben auch die großen Axen vieler derselben diese ungewöhnliche Stellung.

Um sich zu überzeugen, daß durch die Aufrichtung einer horizontalen Schicht nicht alle großen Axen der in derselben eingeschlossenen Gerölle, eine verticale Lage annehmen müssen, braucht man nur auf einer horizontalen Ebene nach verschiedenen Richtungen Linien zu ziehen, und dieselbe dann um eine Kante wie um ein Charnier zu drehen. Bei dieser drehenden Bewegung bleiben alle mit jener Kante parallelen Linien beständig horizontal; dagegen werden die auf dieser Kante senkrechten Linien um den ganzen Winkel geneigt sein, um welchen sich die Ebene gedreht hat, so daß in dem Augenblicke, wo dieselbe die verticale

Stellung erreicht hat, jene Linien ebenfalls vertical stehen werden. Die zwischen den genannten beiden Richtungen gezogenen Linien werden mit dem Horizonte Winkel zwischen 0 und 90° bilden. Dies ist aber das getreue Abbild der Lagen, welche die großen Axen der Gerölle in den aufgerichteten Schichten darbieten.

Sonach haben die sedimentären Formationen, wie die Beobachtung an den Geröllen zeigt, sich nicht an dem Orte und in der Lage, welche sie jetzt einnehmen, abgesetzt; sie sind in dem Augenblicke, wo die Gebirge, deren Abfälle sie bedecken, aus dem Innern der Erde emporstiegen, mehr oder weniger gehoben worden.

Dies angenommen, so leuchtet ein, daß die sedimentären Formationen, deren Schichten an den Abfällen der Gebirge in geneigter oder verticaler Stellung vorkommen, schon vor der Hebung dieser Gebirge abgesetzt waren. Die ebenfalls sedimentären Formationen, welche horizontal bis an dieselben Abfälle laufen, werden dagegen spätern Ursprungs sein als das Aufsteigen des Gebirges, weil es unbegreiflich wäre, wenn dasselbe bei seiner Erhebung nicht alle vorhandenen Schichten zugleich gehoben hätte.

Wenden wir nun die soeben entwickelte allgemeine und höchst einfache Theorie auf specielle Fälle an, so wird Herrn Elie de Beaumont's Entdeckung bewiesen sein.

Von den vier sedimentären Formationen, die wir besonders namhaft gemacht haben, erstrecken sich drei, und zwar die drei obersten, also der Oberfläche der Erde zunächst liegenden oder die jüngsten, in horizontalen Schichten bis zu den Gebirgen von Sachsen, der Côte d'Or und von Forez; eine Formation allein ist gehoben, nämlich der Jurakalk oder oolithische Kalk. Folglich sind das Erzgebirge, die Côte d'Or, und der Berg Pilaz im Forez erst nach der Bildung der Oolith-Formation, aber vor der Bildung der drei andern Formationen aus der Erde aufgestiegen.

Auf den Abfällen der Pyrenäen und Apenninen finden sich zwei Formationen gehoben, nämlich der Oolithkalk und der Grünsand mit der Kreide; die tertiäre Formation und die noch jüngern Bildungen, welche diese überlagern, haben ihre horizontale Lage behalten. Pyrenäen und Apenninen sind also jünger als der Jurakalkstein und der

Grünsand, die von ihnen gehoben wurden, und älter als die tertiären Formationen und die Alluvialbildungen.

Die westlichen Alpen (unter ihnen der Montblanc) haben, ebenso wie die Pyrenäen, den Oolith und Grünsand gehoben, außerdem aber auch noch die tertiäre Formation. Das Alluvium allein liegt in der Umgebung dieser Gebirge noch horizontal. Die Zeit des Aufsteigens des Montblanc muß also nothwendig zwischen die Bildung der tertiären Formation und die des Alluviums gesetzt werden.

Endlich liegt auf den Abfällen des Systems, zu welchem der Ventour gehört, keine der sedimentären Schichten mehr horizontal: sie sind sämmtlich gehoben. Als der Ventour aufstieg, war also selbst die Alluvialformation schon abgesetzt.

Im Anfange dieses Kapitels hatte ich, so seltsam es auch erscheinen mußte, behauptet, es sei gelungen, das relative Alter der verschiedenen europäischen Gebirgsketten zu bestimmen; jetzt erkennt man, daß die Beobachtungen von Elie de Beaumont noch weiter geführt haben, da wir das Alter der Gebirgsbildungen mit dem Alter der Entstehung der verschiedenen sedimentären Formationen haben vergleichen können.

Ich habe vorhin die Aufmerksamkeit des Lesers auf die unbekannten, aber nothwendigen Ursachen hingelenkt, welche so scharfe Unterschiede in der Beschaffenheit der auf unserer Erdoberfläche aus dem Wasser entstandenen Ablagerungen hervorgerufen haben. Elie de Beaumont's Arbeit gestattet zu alle dem, was man über die Natur dieser Umwälzungen hatte muthmaßen können, einige positive Bestimmungen, die ich hier folgen lassen werde, hinzuzufügen:

Aus der Beschaffenheit und der regelmäßigen Schichtenlage scheint hervorzugehen, daß die sedimentären Formationen in Zeiten der Ruhe abgesetzt worden sind. Da jede dieser Formationen durch ein eigenthümliches System organischer Geschöpfe, sowohl Thiere als Pflanzen, von den übrigen sich unterscheidet, so war die Annahme unerläßlich, daß zwischen den Zeiten der Ruhe, in welchen die Ablagerung zweier dieser übereinander liegenden Formationen erfolgte, auf der Erde eine gewaltige physische Umwälzung eintrat. Wir wissen jetzt, daß diese Umwälzungen in der Hebung eines Gebirgssystemes bestanden haben, oder

wenigstens durch eine solche charakterisirt sind. Da die beiden ersten der weiter oben nach Elie de Beaumont angeführten Hebungen unter den vier dort genannten bei weitem nicht die beträchtlichsten sind, so darf man offenbar nicht sagen, daß der Erdkörper bei seinem Altern weniger für solche Katastrophen geeignet werde, und daß die jetzige Epoche der Ruhe sich nicht, wie die frühere, mit dem plötzlichen Aufsteigen irgend einer ungeheuren Gebirgskette schließen werde.

Sobald fest stand, daß die Gebirge auf der Erde die obere Kruste derselben nicht alle zu derselben Zeit durchbrochen hatten, lag die Frage nahe, ob die gleichzeitig gehobenen Gebirge nicht einige Beziehungen in Betreff ihrer Lage darböten. Eine solche Untersuchung konnte dem Scharfsinne Elie de Beaumont's nicht entgehen; er fand Folgendes:

Die Richtungen des Erzgebirges, der Côte-d'Or und des Pilas von Forez sind einem größten Kreise auf der Erde parallel, welcher durch Dijon geht und mit dem Meridiane dieser Stadt einen Winkel von ungefähr 45° bildet.

Die gleichzeitig entstandenen Gebirge der zweiten Hebung, nämlich die Pyrenäen, Apenninen, die Gebirge von Dalmatien, Kroatien und die Karpathen, welche, wie man aus den von verschiedenen Geologen gegebenen Beschreibungen schließen kann, zu demselben Systeme gehören, laufen alle parallel dem Bogen eines größten Kreises, dessen Lage ganz bestimmt ist, wenn ich angebe, daß er durch Natchez und die Mündung des persischen Meerbusens gehen soll. Was also auch die Ursache gewesen sein mag, diejenigen europäischen Gebirge, welche sich gleichzeitig gehoben haben, bilden auf der Erdoberfläche Ketten, d. h. langgezogene Hervorragungen, die sämmtlich einem gewissen Kreise der Erdkugel parallel sind. Nimmt man, wie es nicht unwahrscheinlich ist, an, daß diese Regel auch außerhalb der Grenzen, innerhalb deren sie aufgestellt ist, Geltung habe, so scheinen die Alleghani's in Nordamerika, weil ihre Richtung ebenfalls dem durch Natchez und den persischen Meerbusen gelegten größten Kreise parallel ist, ihrem Alter nach zu dem Systeme der Pyrenäen gerechnet werden zu müssen. Elie von Beaumont hat in diesem Falle die Richtigkeit seines Schlusses durch Benutzung der vortrefflichen Beschreibungen, welche die amerikanischen Geologen von diesen Gebirgen veröffentlicht haben, beweisen

können. Sonach scheint es, als ob man, ohne allzu großes Wagniß, die Ansicht aussprechen darf, daß die Gebirge Griechenlands, die Gebirge nördlich vom Euphrat, und das Ghatsgebirge auf der vorderindischen Halbinsel, welche ebenso wie die Alleghani's sehr genau der schon angeführten Bedingung des Parallelismus Genüge leisten, mit den Pyrenäen und Apenninen emporgestiegen sein müssen.

Das dritte Gebirgssystem nach der Altersfolge, zu welchem der Montblanc und die westlichen Alpen gehören, besteht aus großen Erdfalten, welche einem größten Kreise parallel sind, der Marseille und Zürich verbindet. In der ganzen Strecke zwischen diesen zwei Städten bestätigt sich die Regel mit einer sehr auffallenden Genauigkeit. Die Kette, welche Norwegen von Schweden trennt, und die brasilianischen Cordilleren sind ebenfalls demselben Kreise parallel, und haben wahrscheinlich gleichzeitig mit dem Montblanc die Erdrinde durchbrochen.

Für das vierte und letzte der Systeme, von denen bisher die Rede war, geht der größte Kreis, der seine Richtung bestimmt, durch Marokko und das östliche Ende des Himalaya. Der Parallelismus hat sich bestätigt bei den Bergen Ventour und Leberon in der Nähe von Avignon, bei der Kette von St. Baume und bei vielen andern Ketten der Provence, sowie endlich bei der Centralalpenkette von Wallis bis Steyermark. Wenn der Parallelismus hier, wie Alles vermuthen läßt, gleichfalls als ein Anzeichen für die Entstehungszeit dienen kann, so werden wir in dies System der verhältnißmäßig neuen Gebirge den Balkan, die große centrale Porphyrkette des Kaukasus, den Himalaya und den Atlas zu rechnen haben.

Es gibt nun noch eine ungeheure Gebirgskette, die ausgedehnteste auf unserer Erde, welche in ihrer Richtung von den vorstehend behandelten Systemen abweicht; ich meine die große amerikanische Cordillere. Bis solche geologische Beobachtungen, wie sie uns bisher mit Erfolg zum Führer gedient haben, vorliegen, hat Elie de Beaumont einstweilen Vermuthungen aufgestellt, aus denen mit ziemlicher Wahrscheinlichkeit hervorgeht, daß diese große Kette noch jünger ist, als das vierte der obigen Systeme. Indeß liegen diese Vermuthungen, so scharfsinnig sie auch sein mögen, zu sehr außerhalb der von mir gestellten Grenzen, als daß ich sie hier erläutern könnte. Ich müßte übrigens

auch befürchten, daß sie von weniger aufmerksamen Lesern mit den bisher vorgetragenen strengen Schlußfolgerungen vermengt würden, und diesen Abbruch thäten. Doch kann ich die Bemerkung nicht unterdrücken, wie sehr das rein geographische Studium der Gebirge vereinfacht werden wird, wenn der von Elie de Beaumont als charakteristisches Merkmal gleichzeitig gebildeter Gebirge vermuthete Parallelismus für die entferntesten Punkte, z. B. für den Himalaya in Vergleich mit dem Ventour erwiesen und unter die wissenschaftlichen Principien aufgenommen worden sein wird. Einfache, wenig zahlreiche, und selbst den widerspenstigsten Gedächtnissen faßbare Classificationen, die außerdem auch von jedem Willkührlichen befreit sind, weil sie nach der Altersfolge vorschreiten, werden in dem unentwirrbaren Labyrinthe von verschlungenen Gebirgsketten, aus dem kein Geograph bisher sich auf eine völlig genügende Weise herauszuziehen wußte, als Führer dienen.

Nach dem Bekanntwerden von Elie de Beaumont's Resultaten habe ich bemerkt, daß man darüber erstaunte, daß die gleichzeitig gehobenen Gebirgsketten bloß einem größten Kugelkreise parallel wären, und nicht die einen in der Verlängerung der andern lägen. Aus diesem Mangel an Zusammenfallen mit einer und derselben geraden Linie läßt sich nur schließen, daß die Ursache, welche die verschiedenen Ketten emporhob, sie sei beschaffen gewesen wie sie wolle, während sich ihre Wirkung in der Ebene eines größten Kreises fortpflanzte, eine Zone von einer gewissen Breite umfaßte, und daß die Punkte des geringern Widerstandes auf der festgewordenen Erdkruste, nicht in dem Verlaufe einer mathematischen Linie angetroffen wurden, was übrigens auch sehr seltsam gewesen wäre.

Elie de Beaumont's Entdeckung besteht nicht darin nachgewiesen zu haben, daß das feste Land aus dem Meere durch Hebung herausgetreten ist. Diesen Gedanken finde ich schon in einer Abhandlung von King, welche im 57. Bande der Philosophical Transactions (1767) steht. King glaubte, daß die Hebung der Gebirge durch die in der Bibel erwähnte Sündflut hervorgebracht worden sei; am Schlusse sagt er, ein venetianischer Schriftsteller Lazzaro Moro habe schon behauptet, das feste Land sei durch die Wirkung unterirdischen Feuers aus dem Meere heraufgestiegen. Stenon sagt 1667, daß alle sedimentären Schichten von ge-

neigter Lage aufgerichtet seien. Saussure, Werner, A. von Humboldt, Leopold von Buch haben gezeigt, daß die geneigten Schichten, welche man in Gebirgsländern antrifft, nicht in dieser Richtung abgesetzt, daß die verschiedenen Formationen, welche die feste Erdrinde ausmachen, zu verschiedenen Zeiten nach einander gebildet worden sind, und daß es merkwürdige Uebereinstimmungen und Gegensätze in den Richtungen der Gebirgsketten gibt, die unsere Erdoberfläche durchbrochen haben. Elie de Beaumont hat das relative Alter der Gebirgserhebungen festgestellt, und gefunden, daß diese Hebungen in Richtungen stattgefunden haben, welche größten Kreisen unserer Erde parallel sind.

Dies sind die werthvollen Resultate, welche ich nach diesem berühmten Geologen in dem Annuaire des Längenbureau für 1830 bereits mittheilte. Die vorstehenden Details sind, wie schon oben angedeutet, nur die getreue Wiederholung des damals veröffentlichten Aufsatzes. Seit dieser Zeit hat aber Elie de Beaumont seine erste Entdeckung bedeutend erweitert. Ich muß in der Kürze eine Vorstellung von dem gegenwärtigen Zustande der Frage über die Geschichte der Erdumwälzungen geben.

Die Zahl der Gebirgssysteme, deren Lage auf unserer Erde sich wird feststellen lassen, ist noch unbestimmt; Elie de Beaumont hat in dem westlichen und südlichen Europa mit größerer oder geringerer Genauigkeit das relative Alter von vier und zwanzig solchen Systemen, denen er geographische Namen beigelegt hat, angegeben. Ich werde sie hier kurz anführen.

I. Das System der Vendée. — In dem Departement der Vendée und dem südwestlichsten Küstenstriche der Bretagne findet man ein System von Verwerfungen, das von NNW. nach SSO. gerichtet ist, und älter zu sein scheint als alle andern Verwerfungen, von denen die sehr alten und sehr verschobenen Schichten, die in diesen Gegenden vorkommen, betroffen wurden. Ohne Zweifel kann man hieher die zahlreichen Faltungen rechnen, welche die glänzenden grünen Schiefer der Insel Belle-Isle darbieten, sowie der Granit und Glimmerschiefer, der auf dem Wege von St. Adrien, nahe bei Redon, längs der Ufer des Blavet bis Pontivy ansteht.

II. System des Finistère. — Dieses System ist sehr aus-

geprägt in dem zwischen der Rhede von Brest und der Insel Bas liegenden Vorgebirge, auf dem Wege von Ploermel nach Dinan, in dem Bocage der Normandie und in dem Departement de la Manche. Man findet es wieder in Schweden, im Süden Finnlands, im Erzgebirge, und vielleicht in dem ursprünglichen Boden der Pyrenäen und Cataloniens. Es wird von Urthonschiefer gebildet, der kleine Amphibolkrystalle enthält.

III. System des Longmynd. — Zahlreiche eruptive Massen von Granit und Syenit, welche den Urthonschiefer durchsetzen, bilden dieses System in den Hügeln des Longmynd in den Umgebungen von Church-Stretton (England); in der Bretagne in der Umgegend von Morlaix und St. Pol de Léon, auf einer vom Cap la Hogue nach Jersey, Uzel, Baud u. s. w. gezogenen Linie; in der Normandie, bei St. James (Dep. Manche); im Limousin, im Erzgebirge, in Mähren und den anliegenden Theilen von Böhmen und Oestreich, in Schweden, in Finnland, in den Gebirgen der Maures und des Esterel (in der Nähe von St. Tropez).

IV. System des Morbihan. — Dieses System herrscht überall auf den Küsten des Morbihan, und setzt sich fort in die Departements der untern Loire, der Vendée, bis zu den Departements der Corrèze, Dordogne und Charente, z. B. in die Umgebungen von Julliac, zu den Schichten, auf welchen die kleinen Steinkohlenlager von Chabriguet, Montchirel, la Roche und der Bichers ruhen. Vielleicht findet es sich auch in den Umgebungen von Messina, in einigen Theilen des Böhmerwaldgebirges (auf der Grenze von Baiern und Böhmen) und im Erzgebirge, und endlich in den krystallinischen Gesteinen der Ukräne.

V. System von Westmoreland und des Hundsrücks. Die Untersuchung der Gebirge in der Umgebung der Seen von Westmoreland (England) hat gezeigt, daß die mittlere Richtung der verschiedenen Schiefersysteme hier von Nordost etwas gen Ost, nach Südwest etwas gen West geht. Die südliche Gebirgskette Schottlands von St. Abbs-Head bis zum Cap Mull of Galloway, die Grauwackenkette der Insel Man, die Schiefergebilde der Insel Anglesea, die Hauptketten von Wales und die Kette von Cornwallis bilden Linien, welche mit

der von Westmoreland bezeichneten Richtung fast parallel sind. Dieselbe Richtung besitzen auch die Schiefer- und Grauwackenschichten der Eifel, des Hundsrücks, und die Gebirge im Nassauischen, an deren Fuße sich wahrscheinlich die kohlenreichen Gesteinsmassen in Belgien und bei Saarbrücken abgelagert haben. Diese Richtung, welche nach dem Bergmannscompaß mit Stunde 3—4 bezeichnet wird, herrscht auch in den Schieferschichten des Harzes, in den Schiefer- Grauwacken- und Uebergangskalkschichten der nördlichen und mittleren Theile der Vogesen, in denen mehrere kleine Kohlenbassins vorkommen; in den Schichten von Uebergangskalkstein und Schiefern, welche großentheils die Gruppe der Montagne-Noire zwischen Castres und Carcassonne bilden; in den mehr oder weniger erkennbaren Platten des Gneises, Glimmerschiefers, Thonschiefers, und der Quarze und Kalke vieler oft als Urgesteine bezeichneten Gebirge, wie in Corsica, den Maures (zwischen Toulon und Antibes), in der Mitte Frankreichs, in einem Theile der Bretagne, im Erzgebirge, in den Grampians, in Skandinavien und Finnland. Dies sind die Grundzüge des Systems, das Elie de Beaumont als System von Westmoreland und des Hundsrücks aufgestellt hat, und dessen Hebung vor der Ablagerung des alten rothen Sandsteins, aber später als die Ablagerung der Platten des sogenannten Tilestone erfolgt ist.

VI. System der Belchen (Departement der Vogesen) und der Hügel des Bocage (Departement Calvados). — „Während des verhältnißmäßig ruhigen Zeitraumes," sagt Elie de Beaumont, „welcher auf die Hebung des Systems von Westmoreland und des Hundsrücks folgte, wurde die Oberfläche eines großen Theiles von Europa mit ausgedehnten und mächtigen Sedimentschichten überlagert." Diese Ablagerungen bestehen aus dem alten rothen Sandsteine, aus Kalkstein, Kohlenschichten, braunem Porphyr, u. s. w., finden sich in Frankreich, Irland, der Bretagne, in den Departements der untern Loire, der Vogesen, in Belgien, in der Nähe von Magdeburg, in Norwegen, Schweden und Rußland. Wenn die Schichten nicht horizontal liegen, so bieten ihre Verwerfungen verschiedene Richtungen dar, unter denen hauptsächlich eine hervortritt, die wahrscheinlich unmittelbar nach der Beendigung der Ablagerung eintrat; nämlich

die der Belchen im Elsaß und der Franche-Comté, die der Gipfel im südlichen Theile der Vogesen, im Süden des Schwarzwaldes, der Lozère, des Waldes von Ecouves (nördlich von Alençon) bis Mortain, der Hügel von Clécy, von Coutances bis Falaise. Alle diese Gebirge wurden durch gewaltige Kräfte, welche die Erdrinde zerbrachen, gehoben. Seit jener Zeit sind diese hervorragenden Splitter nicht wieder dauernd von Wasser bedeckt worden, weil man nirgends auf ihren Gipfeln sedimentäre Schichten antrifft. Die Richtung der Verwerfung, welche Elie de Beaumont's System der Belchen charakterisirt, findet sich übrigens an zahlreichen Orten wieder, in England, Schottland, Irland, an den Ufern des Rheins, in Polen, in dem Petschoralande in Rußland, so daß diese Verwerfung sich auf eine Weite von mehr als 350 Meilen erstreckt hätte.

VII. System des Forez. — „Die Verwerfungen des Forez-systems," sagt Elie de Beaumont, „haben alle Formationen getroffen, welche zur Bildung dieser Gegend beitragen, selbst diejenige eingeschlossen, in welcher die Anthracitgruben in der Umgegend von Roanne (Bully, Regny, Thisy u. s. w.) betrieben werden; sie haben sich aber nicht bis zu den Kohlenablagerungen erstreckt, welche nahe dabei, zu St. Etienne, Bert, Creuzot u. s. w. sich finden. Sie stammen folglich aus der Zeit zwischen der Periode der Ablagerung des Anthracits im Departement der Loire und der Ablagerung der Steinkohlenformation." Die Richtung dieses Gebirgssystems mit Porphyr- und Granitkämmen findet sich wieder am Ostrande der Ebenen der Limagne in der Umgegend von Thiers, am Westrande der Ebenen von Roanne und von Montbrison, der Masse des Morvan nahe bei Moulins-en-Gilbert; es zeigt sich zu Saulieu (Departement Côte-d'Or), im Departement der Ardèche, zwischen Tain und Condrieux, in den Urgebirgen des Departements der Rhone zwischen Vienne und Lyon und Limonest. Im westlichen Frankreich, in England, dann nördlich vom Ural in dem Obdoragebirge hat man dieselbe Richtung gefunden, woraus man schließen muß, daß diese Hebung in der Geschichte unserer Erde eine wichtige Rolle gespielt hat.

VIII. System von Nordengland. — Dieses System scheint unmittelbar nach der Ablagerung der Kohlenformation, welcher das

System des Forez vorherging, gebildet zu sein. Man beobachtet es in dem Gebirgszuge des Peack in Derbyshire, in den sogenannten Western Moors Bergen in Yorkshire. Diese Verwerfung würde ohne Zweifel auch in der Gebirgskette der Maures und in den Urgebirgen von Corsica beobachtet werden können.

IX. System der Niederlande und von Wales. — Dieses System ist durch sehr complicirte Verwerfungen und Umbiegungen gebildet, die auf der Erdoberfläche keine bedeutenden Hervorragungen erzeugt haben, aber in den vor der Bildung des sogenannten Zechsteines abgelagerten Schichten vollkommen erkennbar sind. Man trifft dieselbe Zahl von eigenthümlichen Umbiegungen von den Ufern der Elbe bis zu den kleinen Inseln der Bucht von St. Bride in Wales und bis zu der Chaussee von Sein in der Bretagne; man sieht sie ferner bei Lüttich, Mons, Valenciennes und in dem Kohlenbassin von Guimper.

X. System des Rheins. — „Die Vogesen, die Haardt, der Schwarzwald und Odenwald," sagt Elie de Beaumont, „bilden zwei einigermaßen symmetrische Gruppen, welche auf den einander zugewandten Seiten durch zwei lange, schwach wellenförmige Spaltenwände begrenzt werden, deren Richtungen im Allgemeinen unter einander und mit dem zwischen ihnen von Basel bis Mainz fließenden Rheine parallel sind." Die Aehnlichkeit dieser beiden Ketten auf den beiden Ufern des Rheins ist so auffallend, daß dadurch seit langer Zeit Leopold von Buch bewogen wurde, sie zu vereinigen, um daraus eines der vier Systeme zu bilden, die er in Deutschland unterschieden hat. Analoge und parallel laufende Verwerfungen trifft man in den Gebirgen der britischen Inseln, in den zwischen der Saône und Loire gelegenen Gebirgen, in der Mitte und dem südlichen Theile Frankreichs von Decise (Departement Nièvre) bis Pleaux (Departement Cantal), und in dem Departement des Var. In allen diesen Gegenden sind die beobachteten Faltungen und Brüche älter als die Ablagerung des bunten Sandsteins, und später als die Ablagerung der Steinkohlenformation; es ist das Zeitalter der Erhebung der Vogesen, das Elie de Beaumont mit dem Namen des Systems des Rheins belegt.

XI. System des Thüringerwaldes, des Böhmerwaldes und des Morvan. — Die Namen der angeführten Ge-

birge zeigen hinreichend die Richtung einer Verwerfung an, welche dadurch charakterisirt ist, daß die Schichten des bunten Sandsteines, Muschelkalkes und Keupers sich ebenso wie alle ältern Schichten aufgerichtet und verworfen zeigen. Dagegen erstrecken sich die jurassischen Schichten, welche in zusammenhängenden Meeren und Busen abgelagert worden waren, horizontal bis an den Fuß der Gehänge und über die Schichtenköpfe des Thüringerwaldes, des Böhmerwaldgebirges und des Morvan. Daraus folgt, daß die Hebung dieses Systemes zwischen der Ablagerung des Keupers und der untern Liassandsteine stattgefunden hat. Nach den Beobachtungen der Geologen muß diese Hebung plötzlich erfolgt sein und nur kurze Zeit gedauert haben, weil die Beschaffenheit und die Vertheilung der sedimentären Gebilde in dieser Epoche sich geändert hat, ohne daß der Zusammenhang ihrer Ablagerung unterbrochen worden ist, indem an vielen Orten Keuper und Lias fast unmerklich in einander übergehen.

XII. System des Pilas, der Côte-d'Or und des Erzgebirges. — Schon weiter oben habe ich, wie ich glaube, hinreichende Details für den Beweis angeführt, daß das System des Pilas, der Côte-d'Or und des Erzgebirges nach der Ablagerung des oolithischen Jurakalks und unmittelbar vor der Ablagerung des Grünsandes und der Kreide aus der Erde aufgestiegen ist. Diese Hebung hat einen großen Einfluß auf die Vertheilung des europäischen Festlandes ausgeübt. Die Cevennen, die Plateaux von Larzac im südlichen Frankreich, die Hügel der Cotswolds und von Kesteven in England sind unzweifelhaft in derselben geologischen Epoche gehoben worden.

XIII. System des Ural. — Wie alle Berggruppen, verdankt auch der Ural seinen Ursprung mehreren aufeinander folgenden Hebungen. So haben wir schon S. 74 gesehen, daß das Obdoragebirge, welches nur ein Ausläufer desselben ist, zum Forezsysteme gehört. In ihrer Gesammtheit zeigt die ganze Masse des Ural eine sehr bedeutende Längenerstreckung von Norden nach Süden, und bildet nach dem Ausdrucke A. von Humboldt's eine Meridiankette, deren Alter von dem des Côte-d'Orsystems nicht sehr verschieden ist.

XIV. System des Viso und des Pindus. — Die S. 63 Grünsand- und Kreideformation genannten Schichten heißen im All-

gemeinen auch die Kreideformation; man kann sie in zwei Abtheilungen trennen, welche sich durch ihre geologischen Charaktere und durch ihre Vertheilung auf der Oberfläche Europas sehr unterscheiden, nämlich in die untere und in die obere Kreideformation. Die Trennungslinie zwischen diesen beiden Formationen entspricht nun einem Systeme von Verwerfungen, welche Elie de Beaumont vorgeschlagen hat, System des Viso zu nennen, nach einem einzelnen Gipfel der französischen Alpen, der, wie fast alle Alpengipfel, seine gegenwärtige absolute Höhe mehreren aufeinander folgenden Hebungen verdankt, auf welchem aber besondere Schichtenverwerfungen sich auf deutliche Weise sowohl durch ihre Richtung als auch durch verschiedene Conchylienarten bemerklich machen. Dasselbe System findet man wieder in Morea, in Macedonien, in Albanien auf der Kette des Pindus und ihrer Verlängerung.

XV. System der Pyrenäen. — Ich habe schon nachgewiesen, daß die Pyrenäen, die Apeninen und die Gebirge Dalmatiens und Kroatiens, sowie die Karpathen vor der Bildung der Schichten der tertiären Formation, deren Typus wir in dem pariser Becken finden, gehoben worden sind. Die Erschütterung, welche die Entstehung dieser Gebirge begleitete, war eine der stärksten, welche der Boden Europas noch erlitten hatte, und ihre Wichtigkeit wird nur durch die Erhebung der Alpen in viel jüngerer Zeit übertroffen.

XVI. System von Corsica und Sardinien. — Die sogenannten tertiären Schichten bilden keineswegs ein ununterbrochenes Ganze. Elie de Beaumont bringt sie in drei Reihen von Schichten, deren Unterbrechungen Gebirgserhebungen entsprochen zu haben scheinen. Die unterste Reihe wird gebildet von dem plastischen Thone, dem Grobkalk und der ganzen Gypsformation, mit Einschluß der obern Meeresmergel, und erstreckt sich nicht weit über den Süden und Südwesten der Umgebungen von Paris; in ihnen liegen das am Montmartre vorkommende Anoplotherium und Paläotherium. Die zweite Reihe besteht im Norden aus dem Sandstein von Fontainebleau, den Süßwassergebilden und den Faluns der Touraine, im Süden aus den Braunkohlenlagern von Fuveau, von Käpfnach und andern ähnlichen tertiären Ablagerungen in Frankreich und der Schweiz; in ihr kommen vor die Gattungen Mastodon, Rhinoceros, Hippopotamus, Castor ꝛc.

Die dritte Reihe endlich wird gebildet aus den Meerwasserablagerungen der subapenninischen Hügel und den Sumpfablagerungen der Bresse, wo man Elephanten, Höhlenbären und Höhlenhyänen antrifft. Die Trennungslinie der ersten und zweiten dieser Reihen entspricht den Systemen von Corsica und Sardinien, und den Bergketten, welche die Hochthäler der Loire und des Allier umgeben.

XVII. System der Insel Wight, des Tatra, des Rilo-Dagh und des Hämus. — Die Schichten der Insel Wight und des Districtes von Weymouth (Dorsetshire) in England, das Tatragebirge in Ungarn, der Rilo-Dagh und Hämus in der Türkei, die Kette von Lomont in Frankreich und der Schweiz sind nach der Ablagerung des Sandsteins von Fontainebleau gehoben worden.

XVIII. System des Erymanthus und Sancerrois. — Das System des Erymanthus in Griechenland und des Sancerrois in Frankreich scheint um die Zeit der Bildung der Süßwasserkalksteine gehoben zu sein.

XIX. System des Vercors. — Das System des Vercors kann in einer geradlinigen Erstreckung von fast 50 Meilen Länge verfolgt werden, und herrscht im Norden des Departements der Drôme. Es ist jünger als die ganze untere Kreidebildung, aber älter als die Meerwassergebilde der mittlern tertiären Formation.

XX. System der westlichen Alpen. — Wir haben S. 67 gesehen, daß die westlichen Alpen, welche die Abstürze des Buet, die Felsmassen der Fis, des Cramont, aus deren Mitte der riesige Montblanc aufsteigt, bilden, nach der Ablagerung der Kreideformation, und vor der Bildung der neuern Alluvialbildungen gehoben worden sind.

XXI. System der Hauptalpenkette. — „Die Kämme von St. Baume, von St. Victoire, des Leberon und Ventoux und des Poët im südlichen Frankreich; der Hauptkamm der Alpen von Wallis bis Oestreich; der weniger hohe und weniger ausgedehnte Kamm, welcher in der Schweiz den Pilatus und die beiden Mythen enthält 2c.", sagt Elie de Beaumont, „sind verschiedene Gebirgsketten, welche aber alle trotz ihrer äußern Ungleichheit in ihrer parallelen Richtung und in ihren Constitutionsverhältnissen unter einander übereinstimmen." Sie scheinen ihre Entstehung einem einzigen Durchbruche zu verdanken,

dessen Eintritt so zu sagen das Signal zum Aufsteigen der Erhebungskrater des Cantal, des Mont d'Or und des Mezenc gab, um welche sich später die vulkanischen Kegelberge der Auvergne gruppirt haben. Dieser Durchbruch hat zwei entgegengesetzte Gehänge erzeugt, die nur nach dem Vorhandensein der Seen entstehen konnten, in welchen sich die vielleicht durch Ueberflutungen infolge des Schmelzens des Schnees auf den westlichen Alpen fortgeschwemmten Massen angehäuft hatten. Es gingen daraus neue Alluvialbildungen hervor, deren Lagerungsverhältnisse bis jetzt keine Störung erlitten haben.

XXII. System des Tänarum, Aetna und Vesuvs. — Nach der Ablagerung der jüngsten Schichten der subapenninischen Formation haben Verwerfungen stattgefunden, die in den Gebirgen Lakoniens wahrgenommen werden, und sich bis zum Kap Matapan oder Tänarum erstrecken. Aetna und Vesuv gehören auch dieser Erdrevolution an. Das System dieser Vulkane scheint sich unmittelbar nach der Hauptalpenkette gehoben zu haben.

XXIII. System der vulkanischen Axe des Mittelmeeres. — Legt man einen größten Kreis durch den Pic auf Teneriffa und den Aetna, so hat man eine Richtung, welcher Stromboli, Santorin, der Argäus, der Ararat und der Pic von Demavend anzugehören scheinen. Dieses System, welches sich um dieselbe Zeit, wie das System des Tänarum gehoben haben könnte, bildet das, was Elie de Beaumont die vulkanische Axe des Mittelmeeres nennt.

XXIV. System der Azoren. — Die Richtung dieses Systems geht von der südwestlichsten Spitze Europas, von den Azoren zu der kleinen Inselgruppe von Madeira und Porto Santo.

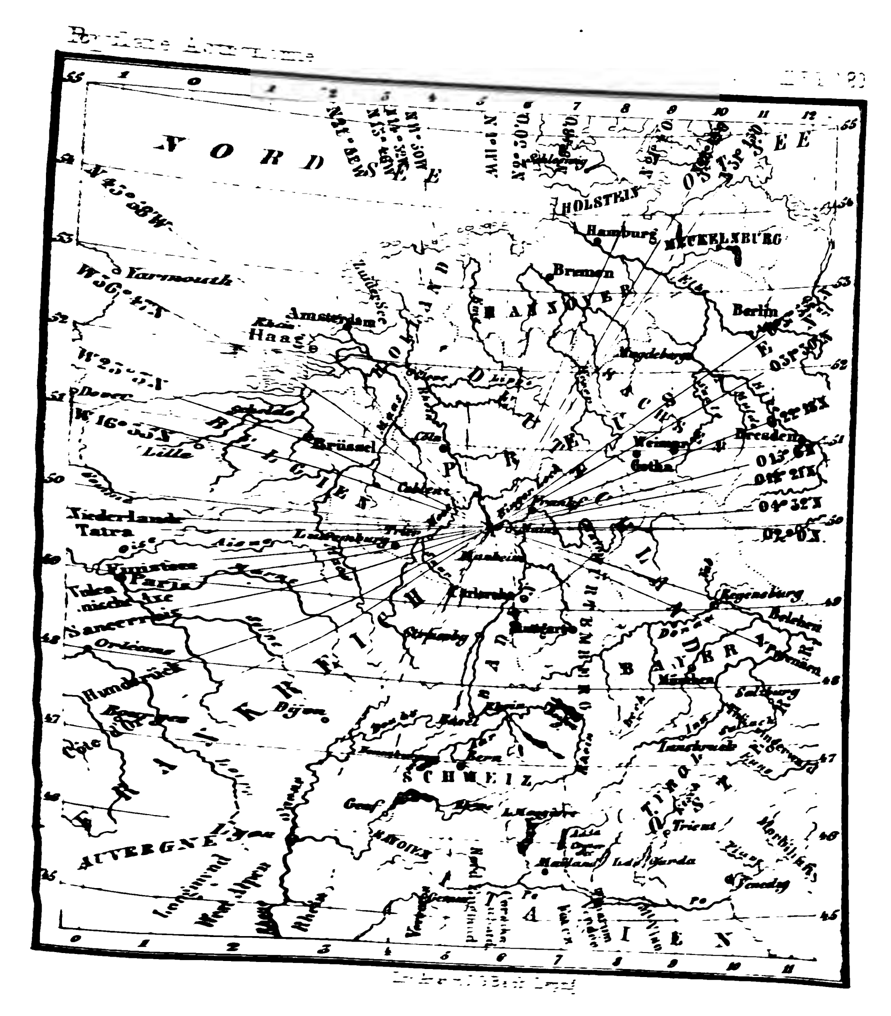
Schon früher S. 68 habe ich angeführt, daß Elie de Beaumont nachgewiesen hatte, die verschiedenen Hebungen, deren Altersfolge zu bestimmen ihm gelungen ist, seien parallel mit größten Kreisen der Erdkugel geordnet. Diese scharfsinnige Idee hat meinem berühmten Collegen gedient, eine sichere Beziehung zwischen den Bergketten Europas und denen der übrigen Erdtheile aufzustellen. Doch halte ich es für überflüssig, hier noch Weiteres den oben hierüber ausgesprochenen Bemerkungen hinzuzufügen; dies allein will ich erwähnen, daß die Hebung der Hauptkette der Anden gleichzeitig mit der des Tänarum und der

vulkanischen Are des Mittelmeeres erfolgt zu sein scheint. Die später als das System der Hauptalpenkette entstandenen Systeme sind vielleicht erst nach dem Erscheinen des Menschen auf der Erde gehoben worden; denn man findet in den Ablagerungen der von ihnen fortgeschwemmten Massen Spuren menschlicher Industrie. Die geschichtlich erwähnte Sündflut könnte mit solchem Vorgange in Verbindung stehen. „Heftige Krisen," sagt Elie de Beaumont, „die von den Gebirgserhebungen begleitet waren, und auf welche stürmische Bewegungen der Meere, fähig weite Strecken der Erdoberfläche zu verwüsten, folgten, scheinen während eines ungeheuer langen Zeitraumes an der Bildung der Erde Theil genommen zu haben; es liegt nichts Absurdes in der Annahme, daß ein Vorgang, der zu vielfach wiederholten Malen von den ältesten bis zu den neuesten Perioden der Geschichte unserer Erde eingetreten ist, sich auch einmal ereignet habe, seitdem der Mensch auf ihrer Oberfläche existirt."

Sind nun aber die Gebirge ganz nach Zufall aufgestiegen? Läßt sich nicht ein Gesetz finden, von dem ihre Anordnung abhängt? Diese Frage hat Elie de Beaumont ebenfalls auf die glücklichste Weise angegriffen. Wirft man einen Blick auf die Fig. 243, S. 80, welche die Richtungen von 21 der zuvor aufgezählten 24 europäischen Gebirgssysteme darstellt, so bemerkt man sogleich, daß die Richtungen zu je zwei und zwei beinahe senkrecht aufeinander zu sein scheinen. Diese Figur ist so gezeichnet, daß Europa auf den Horizont des Bingerloches, einem Engpasse, durch welchen der Rhein in die Ebene von Mainz durchbricht, projicirt wurde. Die Richtung eines jeden Systems ist hier so eingetragen, daß man erst die Lage berechnete, welche im Bingerloche der Bogen eines größten Kreises der Erde haben würde, der senkrecht auf dem Richtungskreise des entsprechenden Systemes steht, und dann durch das Bingerloch einen zweiten Bogen eines auf den ersten senkrechten größten Kreises legte. Dieser Bogen des zweiten Kreises ist in der Figur durch eine gerade Linie dargestellt, die im Bingerloch selbst an ihm eine Tangente bildet.

Man sieht, daß jeder der 21 größten Kreise, welche die Richtungen der 21 dargestellten Gebirgssysteme darstellen, die übrigen 20 unter einem besondern Winkel schneidet. Daraus ergeben sich also

Fig. 243.



Richtungen von 21 Gebirgssystemen des westlichen Europas, bezogen auf das Bingerloch nach Elie de Beaumont.

210 verschiedene Winkel, die Elie de Beaumont bestimmt hat. Er kam dann auf den Gedanken, dieselben nach Reihenfolge ihrer Größe zu ordnen. „Ich nahm," sagt derselbe, „ein linirtes Papier, auf welchem sich 360 Linien befanden, die von vier zu vier numerirt waren, von 0° bis zu 90°, und glaubte, daß ich meine Zahlen bequem würde darauf eintragen können. Dies war aber nicht der Fall; breite Räume meiner Tabelle blieben weiß, und an andern Stellen häuften sich die Winkel in engen Räumen, die bisweilen so geringe Breite hatten, daß es gänzlich unmöglich war, alle streng an ihren Platz zu schreiben."

„Da die Anzahl meiner Winkel 210 betrug, so schien es mir nicht zulässig, ein solches Phänomen aus den Wirkungen des Zufalles erklären zu wollen; vielmehr habe ich geglaubt mich damit beschäftigen zu müssen, die wahre Ursache davon aufzusuchen."

Da nach Elie de Beaumont die Entstehung von Gebirgssystemen nur nach einer gewissen Anzahl von Liniencombinationen, die z. B. die Linien des geringsten Widerstandes sein könnten, erfolgen darf, so ward er dahin geführt, ein Netz aus Kreisen nach einem geometrischen Gesetze zusammenzusetzen, das er Pentagonalnetz genannt hat, weil es die Oberfläche der Erde in Pentagone theilt. Es ist hier nicht der Ort, in das Einzelne der scharfsinnigen Theorie dieses berühmten Geologen einzugehen; ich will nur anführen, daß dieselbe von den Beobachtungen mit einer bemerkenswerthen Genauigkeit Rechenschaft gibt; in diesem, der allgemeinen Geschichte des Weltalls gewidmeten Werke genügt es, die lange Reihe der Umwälzungen angedeutet zu haben, welche unser Erdkörper erlitten hat, während er zugleich den Gesetzen seiner täglichen Umdrehung und seines Umlaufs um die Sonne gehorchte.

Zehntes Kapitel.

Ueber die Wirkung der Wasserströme auf die Bildung der Erdoberfläche.

Die Theorie der Hebungen hat die Geologen nicht abgehalten, überdies zu der Wirkung ungeheurer durch Kometen oder auf andere Weise erzeugter Wasserfluten ihre Zuflucht zu nehmen, um gewisse

Aehnlichkeiten, welche die südlichen Länder in ihrer Gestaltung darbieten, zu erklären.

Diese Länder laufen sämmtlich in eine Spitze aus (Cap Froward, Cap der guten Hoffnung, Cap Wilson, Cap Comorin). Im Süden, Südosten oder Osten von diesen Vorgebirgen finden sich eine oder mehrere Inseln (in Amerika das Feuerland, Staatenland, die Maluinen; in Afrika Isle de France, Bourbon und Madagascar; in Neuholland Vandiemensland, Neuseeland; an der indischen Halbinsel Ceylon). Setzen wir die Vergleichung noch weiter fort, so finden wir bei allen Continenten einen mehr oder weniger tiefen Einschnitt, einen großen Meerbusen auf der westlichen Seite in einiger Entfernung von der südlichsten Spitze; in Amerika den Busen, in dessen Mittelpunkt die peruanische Stadt Arica liegt; in Afrika den Busen von Guinea; in Neuholland den ungeheuren Einschnitt, welchen Nuytsland im Norden begrenzt; und in Indien endlich den Golf, welcher den Indus aufnimmt.

Diese Uebereinstimmung in der Gestalt ist ohne Zweifel sehr merkwürdig, indeß würde es ziemlich kühn sein, wollte man zu ihrer Erklärung die Annahme, sie seien die Wirkung einer ungeheuren aus Südwest gekommenen Flut, für genügend halten.

Diese Flut, hat man weiter gesagt, welche mit Ungestüm von Süden nach Norden vorwärtsdrang, traf in ihrem Laufe auf verschiedene Gebirgsketten, die ihr den Weg versperrten, zerstörte die Flächen, auf welche ihr erster Stoß wirkte, und führte alle Trümmer mit sich fort. Daher sollen die südlichen Gehänge der Pyrenäen, Alpen und die Himalayakette steiler sein als die nördlichen, daher die westlichen Abfälle der Cordilleren und der skandinavischen Alpengebirge viel steilere Böschungen zeigen als die östlichen u. s. w.

Schon im 7. Kapitel (S. 53) habe ich angeführt, daß diese Thatsachen keineswegs so allgemein gültig sind, als man vorgibt; wir wollen untersuchen, ob sich durch einen Wasserstrom eine natürliche Erklärung derselben geben ließe.

Im Ganzen sind allerdings die südlichen Abfälle der Pyrenäen steiler als die nördlichen; indeß gibt es auch viele Stellen in dieser Kette, wo gerade das Gegentheil beobachtet wird. Keinenfalls aber kann die größere Steilheit der spanischen Seite der Erosion eines aus

Süden gekommenen Stromes, einer Zerstörung der ursprünglichen Gebirgswände zugeschrieben werden; denn man kann die Schichten, aus welchen dieselben jetzt bestehen, ohne auf irgend eine Unterbrechung zu stoßen, von den Ebenen Aragoniens bis zu den höchsten Kämmen verfolgen. Für die uns jetzt beschäftigende Frage aber ist diese Beobachtung, die ich Herrn Elie de Beaumont verdanke, entscheidend.

Was wir vom Himalaya wissen, stimmt mit der früher ausgesprochenen Regel überein. Ob es sich mit dem Atlas, wenngleich er von Ost nach West läuft, ebenso verhält, kann noch zweifelhaft sein.

Die Alpen sind, gleich den Pyrenäen, unter die von Ost nach West streichenden Ketten gerechnet worden; indeß sind dieselben nicht eine einzige Kette, sondern bestehen vielmehr aus der Vereinigung mehrerer, durch ihre geologischen Charaktere und durch ihr Alter gänzlich geschiedenen Ketten. In ihrer ungeheuren Erstreckung findet man nach einander die verschiedensten Richtungen, ohne daß die Neigungen ihrer Abfälle von diesem Umstande abzuhängen scheinen.

Pentland's interessante Reise in die Republik Bolivia hat schon einige Gründe für die Ansicht ergeben, daß selbst die Anden, wenn sie einst besser erforscht sein werden, auf mehreren Punkten Oberperus steilere Gehänge auf der brasilianischen Seite darbieten werden, als auf der der Südsee zugewendeten. Im Ganzen jedoch ist ein deutlicher Unterschied vorhanden, und die Gehänge der Kette zeigen merklich steilere Böschungen auf der West- als auf der Ostseite. Dasselbe gilt von dem norwegischen Alpengebirge; der Jura aber, obgleich von Südwest nach Nordost streichend, zeigt eine gerade entgegengesetzte Bildung. Auf der Seite des genfer Sees hat er fast das Ansehen einer verticalen Mauer, während man von Frankreich aus im Allgemeinen durch eine längere aber ziemlich geringe Steigung auf seinen Kamm gelangt.

Ohne übrigens weiter bei den schon genannten oder noch andern Ausnahmefällen zu verweilen, will ich in der Kürze einen Maaßstab für die Bedeutung geben, welche man dem Umstande der Richtung der Gebirgszüge und dem angeblichen von Südwest nach Nordost gerichteten Strome, der jene ehemals an ihren südlichen oder westlichen Seiten getroffen haben soll, beizulegen hat: ich bemerke, daß fast alle

Beobachtungen der Reisenden über die relativen Steigungen der beiden Gehänge in den zahlreichen von ihnen durchforschten Gebirgsketten sich auf die sehr einfache schon oben S. 55 gegebene Regel, in welcher die Dazwischenkunft einer allgemeinen Flut nicht nöthig ist, zurückführen lassen, auf die Regel nämlich, daß in den Gebirgsketten die steilsten Abfälle gegen das nächste Meer hingewendet sind.

Es gibt noch ein anderes großes geologisches Phänomen, dessen Erklärung man geglaubt hat mit der Wirkung von Wasserfluten in Verbindung setzen zu können, nämlich das Vorkommen der erratischen Blöcke.

So bezeichnet man Massen von Granit oder andere alpinische Gesteine von bisweilen ganz außerordentlicher Größe*), die man zerstreut auf dem Jura findet, der, wie ich schon angeführt habe, eine ganz aus Kalksteinen bestehende und von Südwest nach Nordost gerichtete Kette bildet. Sie kommen nur auf dem Südostgehänge vor, also auf demjenigen, welches den Alpen zugekehrt ist. Auf der Rückseite, d. h. auf der nach Frankreich gerichteten Seite des Gebirges trifft man dagegen keinen einzigen Block.

Diese Massen sind nicht gleichmäßig über die ganze Ausdehnung der Jurakette verbreitet; besonders zahlreich liegen sie in der Richtung der Alpenthäler, und in der Verlängerung der Axen dieser Thäler haben sie auf den Gehängen des Jura die größten Höhen erreicht.

Die Granite der verschiedenen Gebirgszüge der Alpen sind von einander sehr gut zu unterscheiden. Man hat auszumitteln gewußt, daß die Blöcke in denjenigen Theilen des Jura, welche dem Rhonethale gegenüberliegen, von der Ornerspitze stammen, die gewissermaßen den nördlichen Vorberg der Montblanckette bildet. Ein ungeheurer Wasserstrom, der von dieser Spitze kam, und mit Ungestüm durch das Rhonethal, d. h. durch Unterwallis, weiter drang, konnte mit seiner Wassermasse ungeheure Felsstücke selbst bis zu ziemlich bedeutenden Höhen auf den Gehängen des Jura, der sich seinem Laufe wie eine Art Damm entgegenstellte, emportreiben.

*) Auf dem Berge Pierre-à-Bot bei Neuchâtel liegt eine solche Masse von 42 Fuß Höhe, 52 Fuß Länge und 25 Fuß Breite.

Sobald der Strom die Mündung des engen Rhonethales erreicht hatte, mußte er sich ausbreiten. Seine schlammigen Wasser verloren dann einen um so größern Theil ihrer fortbewegenden Kraft, je mehr sie sich von der ursprünglichen Richtung entfernten. Daraus folgt die geringere Zahl und Höhe der Blöcke, je weiter man sich seitwärts von der geradlinigen Verlängerung des Thales entfernt.

Es ist hier nicht der Ort, bei den sehr mannigfaltigen Schwierigkeiten zu verweilen, welche sich der soeben angeführten Erklärung entgegenstellen lassen. Ich muß mich begnügen hervorzuheben, daß die Thäler der Aar und der Limmat in gleicher Weise gedient haben, um von den Bergen des Grindelwald und des Canton Glarus Alpengesteine mit fortzuführen; daß sich in den Ebenen des nördlichen Europas, bei Antwerpen, Breda, Gröningen, Münster, Leipzig, daß sich ferner in den ost- und westpreußischen und russischen Ebenen eine große Menge zerstreuter Felsmassen finden, die aus einer Art blätterigen oder bandförmigen Granit, oder aus einem Gneis mit schuppigem Glimmer bestehen; daß solche Gesteine nicht in den benachbarten Bergen Sachsens und Schlesiens vorkommen; daß man dieselben nur auf der skandinavischen Halbinsel antrifft, weshalb man, wie sehr befremdend auch ein solcher Schluß erscheinen mag, in Schweden und Norwegen ihren Ursprung suchen muß. Dies sind gewiß sehr merkwürdige Beobachtungen. Die fortführende Kraft großer ungestüm flutender Wassermassen hat der Entstehung dieser großartigen Phänomene nicht fremd sein können; aber dennoch, mag man diese Fortführungen von Felsmassen im nördlichen Europa als gleichzeitig mit denen betrachten, welche in den Alpenthälern der Rhone, Arve, Aar und Limmat stattgefunden haben, oder mag man sie in verschiedene Epochen versetzen, stets würde ein unbefangener Beobachter darin nur locale Vorgänge erblicken können. Wir haben hier offenbar keine Episode jener allgemeinen Verwüstungsscenen, welche das plötzliche Einbrechen des Oceans in das Innere der Länder zur Folge haben würde; es liegt in ihnen, obschon man davon gesprochen hat, kein Grund vor, daß der theoretische Geologe die Wirkung eines Kometen zu Hülfe rufen müßte.

Elftes Kapitel.

Ob die Sündflut durch einen Kometen herbeigeführt worden sei.

Die zahlreichen und wichtigen geologischen Beobachtungen, welche man den neueren Naturforschern verdankt, liefern den strengen Beweis dafür, daß gewisse Gegenden der Erdoberfläche verschiedene Male nacheinander vom Wasser bedeckt und wieder trocken gelegt wurden. Bei Erklärung dieser verschiedenen allgemeinen Ueberschwemmungen hat man allzu häufig die Kometen zu Hülfe genommen, als daß ich diese Betrachtung hier ganz mit Stillschweigen übergehen dürfte.

Zunächst werde ich das System auseinandersetzen, welches der englische Mathematiker und Theologe Whiston ersann, obschon seine Schrift A New Theorie of the Earth später fällt, als die ersten Abhandlungen, in welchen der berühmte Halley der königlichen Societät zu London ähnliche Ansichten mittheilte.

Whiston beabsichtigte nicht allein nachzuweisen, wie die Sündflut des Noah, deren geologisches Datum ich oben gegeben habe (9. Kap. S. 80), durch einen Kometen möglicherweise herbeigeführt sein könne, sondern er wollte seine Erklärung überdies auch aufs Genaueste an alle Umstände anschließen, deren die Genesis bei Gelegenheit dieses großen Ereignisses erwähnt. Wie ihm dies gelang, werde ich jetzt zeigen.

Die mosaische Sündflut ereignete sich im Jahre 2349 vor Beginn der christlichen Zeitrechnung, wenn man dem neueren hebräischen Texte folgt, oder aber im Jahre 2926, wenn man sich an den samaritanischen Text, die Septuaginta und an Josephus anschließt. Es entsteht nun die Frage, ob zu einer oder der andern der erwähnten Epochen ein großer Komet erschienen sei.

Zu den durch ihren Glanz ausgezeichnetsten Kometen, die in neueren Zeiten beobachtet worden sind, gehört der im Jahre 1680 erschienene Komet (No. 49 in unserm Verzeichnisse, 17. Buch, 10. Kap. S. 269) im 12. Bde.).

Bei zahlreichen Schriftstellern, französischen sowohl als fremden, geschieht eines außerordentlich großen Kometen Erwähnung, der hellleuchtend wie Sonnenglanz, mit einem ungemein langen Schweife im

Jahre 1106 erschien. Geht man noch weiter in den Jahrhunderten zurück, so kommt man auf einen sehr großen, erschrecklichen Kometen, dem byzantinische Schriftsteller den Namen lampadias geben, weil er einer brennenden Lampe glich. Die Erscheinung dieses Kometen kann man ins Jahr 531 setzen. Allgemein ist ferner bekannt, daß in Cäsar's Todesjahre ein Komet erschien, zur Zeit der Spiele, welche Augustus den Römern gab; dies muß ein sehr heller Komet gewesen sein, weil er bereits mit der eilften Tagesstunde, d. h. gehen 5 Uhr Abends, also vor Sonnenuntergang zu scheinen begann. Diese Erscheinung gehört ins Jahr 43 vor unserer Zeitrechnung.

Der Komet von 1680 war von vorzüglichem Glanze; läßt man 575 Jahre als seine Umlaufszeit gelten, so wäre es in der That wunderbar, wenn sich bei den griechischen Schriftstellern keine einzige von den Erscheinungen erwähnt fände, die der in Cäsar's Todesjahre erfolgten vorhergingen. Der bekannte Chronolog Fréret hat folgenden Versuch zur Ausfüllung dieser Lücke gemacht.

Varro berichtet in einem beim heiligen Augustin erhaltenen Fragmente, daß unter der Herrschaft des Königs Ogyges der Planet Venus seine Farbe, Gestalt und seinen Lauf auf eine merkwürdige Weise veränderte.

Allerdings könnten große physische Umwälzungen auf der Oberfläche jenes Planeten, oder beträchtliche Aenderungen seiner Atmosphäre deutliche Aenderungen in seiner Farbe, Größe und Gestalt herbeigeführt haben; aber von seiner Bewegung läßt sich nicht dasselbe behaupten! Nur die Erscheinung eines Kometen, sollte man glauben, kann eine einfache und natürliche Erklärung aller Umstände bei dieser Begebenheit bieten. Man hat dazu mit Fréret anzunehmen, daß der Kopf des Kometen Morgens oder Abends in der Dämmerung aus den Sonnenstrahlen hervortrat, einige Tage nachdem Venus in der Nähe der Sonne unsichtbar geworden war; daß ferner dieser Komet für Venus gehalten wurde, eine Annahme die unschwer zu machen ist, weil die Geschichte der Astronomie in jenen entlegenen Zeiten mehr als ein Beispiel ähnlicher Verwechselungen anführt; daß endlich dieser Komet in seiner Bewegung einen durchaus anderen Lauf am Himmel einschlug, als der, welchen Venus gewöhnlich verfolgt, und daß man

dadurch zu dem Glauben veranlaßt wurde, Venus sei aus ihrem alten Pfade gewichen. Bald darauf, als Bart und Schweif am Kometen sichtbar wurden, kam man dann auf die Vorstellung einer Aenderung in Gestalt und Größe des Planeten. Schließlich verschwand der Komet; Venus wurde wiederum sichtbar, und die uralte Ordnung schien wiederhergestellt.

Beim Kometen von 1680 beträgt die vermuthete Umlaufszeit 575 Jahre. Geht man nun vom Jahre —43 um drei Umläufe, also um 1725 Jahre zurück, so wird man geführt auf das Jahr 1768 vor Chr., und dies gerade ist, nach den Chronologen, die Zeit der Regierung des Ogyges. Möglicherweise könnte also die von Varro erwähnte Erscheinung der Komet von 1680 gewesen sein.

Da wir keine genauen Beobachtungen von den in den Jahren —43, 531 und 1106 erschienenen Kometen besitzen, und also deren parabolische Bahnen nicht zu berechnen vermögen; da uns mithin das einzige Kennzeichen fehlt, mittelst dessen man über Identität oder Verschiedenheit zweier Kometen mit voller Sicherheit entscheidet, wollen wir uns wenigstens daran erinnern, daß die in den Jahren 1680, 1106, 531 und —43 erschienenen Kometen sämmtlich außerordentlich helle waren; vergleichen wir nun untereinander die Zeiten der Erscheinungen, so finden wir

von 1106 bis 1680 ...... 574 Jahre,
„ 531 „ 1106 ...... 575 „
„ —43 „ 531 ...... 574 „

Diese Perioden kann man als gleich untereinander ansehen, da wir auf die Monate oder Bruchtheile des Jahres keine Rücksicht genommen haben, und es steht also Nichts im Wege, die Kometen, welche erschienen im Jahre von Cäsar's Ermordung, ferner in den Jahren 531, 1106 und 1680 für die Wiederscheinungen eines und desselben Gestirnes zu halten, welches von der Erde aus stets wiederum sichtbar wurde, nachdem es seine ganze Bahn, seinen ganzen Umlauf in etwa 575 Jahren vollbracht hatte. Multiplicirt man nun diese Periode von 575 Jahren mit 4, so ergeben sich 2300 Jahre, welche zu der Jahreszahl 43, dem Todesjahre Cäsar's, hinzugelegt, uns bis auf den unmerklichen Unterschied von 6 Jahren bis auf die Epoche der

Sündflut, dem neueren hebräischen Texte zufolge, zurückführen. Wenn man hingegen mit der Zahl 5 multiplicirt, so ergibt sich, bis auf 8 Jahre übereinstimmend, die Epoche der Sündflut nach der Septuaginta.

Dem Leser wird vermuthlich die Bemerkung nicht entgangen sein, daß die Resultate, welche aus der Multiplication der Zahl 575, welches die vorausgesetzte Umlaufszeit des Kometen von 1680 ist, mit 4 und 5 hervorgehen, in beiden Fällen zu klein ausfallen; indessen kann man mit Whiston noch den Umstand hervorheben, daß die Zahl 575 aus der Vergleichung der neuesten Erscheinungen hervorgegangen ist. Bei aufeinanderfolgenden Wiedererscheinungen eines Kometen müssen aber die Umläufe stufenweise kürzer werden, denn indem das Gestirn zur Zeit seiner Sonnennähe, jedes Mal durch die Sonnenatmosphäre hindurchgehen muß, wird sich sein Radiusvector nothwendig verkürzen und die Geschwindigkeit zunehmen. Während also die Zahl 575 die beiden Periheldurchgänge von 1106 und 531 von einander trennt, müßte man nicht 575, sondern eine etwas größere Zahl mit 4 und 5 multipliciren, um von der Erscheinung im Jahre —43 auf diejenige, welche zur Zeit der Sündfluth stattfand, zurückzukommen; damit würden dann die Unterschiede der noch fehlenden 6 oder 8 Jahre ausgeglichen sein.

Erinnert man sich übrigens der so erheblichen Unterschiede, welche der Halley'sche Komet in der Dauer seiner Umläufe um die Sonne dargeboten hat (17. Buch, 6. Kap. S. 255 im 12. Bde.), so wird man gern zugeben, daß Whiston zu der Annahme berechtigt war, der große Komet von 1680, oder der Komet in Cäsar's Todesjahre sei beim Eintritte der Sündflut der Erde sehr nahe gewesen, und habe jenes gewaltige Ereigniß theilweise hervorgerufen.

Nichtsdestoweniger will ich nicht mit Stillschweigen übergehen, daß Encke bei einer neuen Berechnung der wahrscheinlichsten Bahn des Kometen von 1680 eine von der Whiston'schen Annahme durchaus abweichende Umlaufszeit gefunden hat[17]). Nach Encke würde diese Dauer 8813 Jahre betragen (vergl. 17. Buch, 17. Kap. S. 309 im 12. Bde.).

Ohne mich bei ausführlicher Darstellung jener langen Reihe von Umwälzungen aufzuhalten, welche die Erde, die nach Whiston's Vorstellung anfänglich ein Komet war, erfahren mußte, um die von uns

bewohnte Erde zu werden, begnüge ich mich hier anzuführen, daß der Erdkern seiner Vorstellungsweise zufolge, aus einer harten, compacten Substanz besteht; daß er ein alter Kometenkern ist; daß die anfänglich untereinander vermischten, verschiedenartigen Stoffe, welche die Nebelmasse bilden, sich schneller oder langsamer, je nach ihrem specifischen Gewichte, niederschlugen, und daß auf diese Weise der feste Kern zuerst von einer dichten, zähen Flüssigkeit umschlossen wurde. Hierauf setzten sich, nach Whiston's Theorie, die erdigen Stoffe ab, wodurch um die zähflüssige Masse eine feste Hülle, eine Art Kruste entstand, welche man mit der Schale eines Eies vergleichen könnte. Nach dieser festen Kruste kam seinerseits das Wasser, welches zum großen Theile durch Risse eindrang und sich über der dichten, untern Flüssigkeit verbreitete; über dem Ganzen endlich schwebten die gasförmigen Stoffe, die sich nach und nach klärten, und die gegenwärtig unsere Atmosphäre ausmachen.

Dieser Erdtheorie zufolge besteht also die große Tiefe, von welcher die Bibel spricht, aus einem festen Kerne und zwei concentrischen Schalen. Die der Mitte zunächst liegende Schale bildet jene zuerst niedergesunkene Flüssigkeit; die andere besteht aus Wasser. Eigentlich ruht also die äußere, feste Erdkruste auf dieser letzten Flüssigkeit.

Wir haben jetzt näher zu betrachten, auf welche Weise Whiston bei dieser Beschaffenheit des Erdkörpers, gegen welche übrigens die heutigen Geologen mehr als einen Einwand erheben könnten, die beiden Hauptereignisse der Sündflut, wie sie von Moses geschildert ist, zur Erklärung bringt.

„In dem sechshunderten Jahre des Alters Noah, heißt es in der Genesis, am siebenzehnten Tage des andern Monats, das ist der Tag, da aufbrachen alle Brunnen der großen Tiefe, und thaten sich auf die Fenster des Himmels."

Zur Zeit der Sündflut, lautet nun Whiston's Erklärung, war der Komet von 1680 kaum 2000 Meilen von der Erde entfernt. Er zog also das Flüssige in der großen Tiefe an sich, sowie der Mond noch heutzutage das Wasser im Meere anzieht. Diese Attraction des Kometen mußte, infolge der großen Nähe, eine außerordentliche Flut veranlassen. Die Erdkruste konnte dem Ungestüm derselben nicht widerstehen, sondern zerborstete vielfach, und das nun freigewordene Wasser

überströmte das Festland. Hierin wird der Leser das Aufbrechen der Brunnen der großen Tiefe erkennen.

Der gewöhnliche Regen auf der Erde hätte selbst bei einer Dauer von vierzig Tagen nur geringe Resultate herbeiführen können. Hält man sich für den täglichen Durchschnittsbetrag des Regens an die Regenmasse, welche jährlich zu Paris fällt, so könnte das Ergebniß von sechs Wochen bei Weitem nicht die höchsten Berggipfel erreichen, sondern hätte kaum eine 80 Fuß hohe Schicht ausgemacht. Die Fenster des Himmels waren also anderswo zu suchen: Whiston findet sie in der Atmosphäre und im Schweife des Kometen.

Er glaubt, diese Atmosphäre habe die Erde erreicht in der Gegend der gordischen Berge (Ararat), und zwischen diese Berge sei auch der ganze Schweif des Kometen herabgesunken. Dadurch wurde die Erdatmosphäre mit einer außerordentlichen Menge wässeriger Theile überladen, was zu einem vierzigtägigen Regen in Strömen hinreichte, von welchem uns der gewöhnliche Zustand der Erde keine Vorstellung gibt.

Wie äußerst bizarr diese Whiston'sche Theorie immerhin sein mag, habe ich sie hier dennoch ausführlich vorgetragen, theils weil sie lange Zeit in hohem Ansehen stand, theils weil ich der Meinung war, es dürfe Niemand mit Geringschätzung auf die Arbeiten und Untersuchungen eines Mannes herabsehen, den Newton selbst zu seinem Nachfolger an der cambridger Universität bezeichnete. Ich werde nun aber einige Einwürfe folgen lassen, denen diese Theorie nicht widerstehen zu können scheint.

Um die in der Bibel geschilderten Umstände beim Aufbrechen der großen Tiefe erklären zu können, brauchte Whiston eine außerordentlich starke Flut, und beschränkte sich hierbei nicht darauf, den Kometen zur Zeit der Sündflut äußerst nahe bei der Erde vorbeizuführen, sondern legte ihm auch eine sehr beträchtliche Masse bei, nämlich das Sechsfache von der Masse unsers Mondes.

Diese Voraussetzung ist an sich schon ganz willkührlich; aber das ist noch ihr geringster Fehler, denn sie ist zur Erklärung der Erscheinung nicht einmal ausreichend. Denn wenn der Mond in der That auf das Wasser der Meere so große Wirkungen ausübt, so ist dies eine Folge davon, daß der Mond, bei seiner ziemlich geringen, täglichen

Winkelbewegung, stets einige Zeit hindurch vertical fast über denselben Punkten auf der Erde verweilt; daß sich ferner innerhalb einiger Stunden seine Entfernung von der Erde kaum ändert, und daß endlich die von ihm angezogene Flüssigkeit Zeit hat seiner Einwirkung nachzugeben, bevor er an eine andere Stelle fortgerückt ist, wo die von ihm ausgehende Kraft eine ganz verschiedene Richtung besitzt. Dies Alles verhält sich aber durchaus anders beim Kometen von 1680, dessen scheinbare Winkelbewegung durch die Sternbilder hindurch in der Erdnähe außerordentlich schnell sein mußte, dergestalt, daß er im Laufe weniger Minuten über einer großen Anzahl von Punkten stand, die voneinander sehr entfernten Erdmeridianen zugehörten*). Der geradlinige Abstand des Kometen von der Erde konnte allerdings äußerst klein sein, aber jedenfalls nur eine ganz kurze Zeit hindurch**). Diese

*) Es ist nicht einmal nothwendig, mit Whiston anzunehmen, daß ein Komet etwa nur 2000 Meilen von der Erde entfernt sei, um nachzuweisen, daß dieser Körper alsdann eine ungemein schnelle Winkelbewegung besitzen müsse. Ich will annehmen, der Komet habe den mittleren Abstand des Mondes, bewege sich in der Ekliptik, stehe mit der Sonne in Opposition und seine Bewegung sei von Ost nach West, mithin eine retrograde. In diesem Falle ergibt sich, daß seine Bewegung betragen würde

in einer Stunde	38°	41′
in zwei Stunden	70	9
in drei Stunden	92	58

Merklich größere Zahlen hatte hierfür Lacaille gefunden; indessen hatte sich in seine Rechnung ein Fehler eingeschlichen, den Olbers erkannt und berichtigt hat. Uebrigens sind diese Resultate, in der obigen, berichtigten Größe, immer noch außerordentlich, wenn man bedenkt, daß der Mond, also dasjenige Gestirn in unserem Systeme, welches sich für uns mit der größten Geschwindigkeit fortbewegt, nicht mehr als 13 Grade in einem Tage zurücklegt[18]).

Ein Zusammentreffen aller der hierbei vorausgesetzten Umstände wird zu selten eintreten, als daß man darauf rechnen dürfte, bisweilen die große Geschwindigkeit, deren Werth ich oben vorausgesetzt habe, beobachten zu können; in einem solchen Falle würde ein Komet nicht anders, als ein atmosphärisches Meteor erscheinen. Bis jetzt ist der Komet vom Jahre 1472 (No. 26 in unserm Verzeichnisse) derjenige gewesen, dessen Lauf in dieser Beziehung am merkwürdigsten war: er durchlief nämlich, nach Regiomontan's Beobachtungen, 12 Grade in 24 Stunden.

**) Wenn ein Komet, der in einer sehr langgestreckten Ellipse umläuft, von der Sonne genau ebenso weit absteht, als die mittlere Entfernung der Erde von der

Umstände zusammen waren dem Eintreten einer starken Flut ungemein wenig günstig.

Allerdings käme man über diese Schwierigkeiten hinweg, sobald man nur dem Kometen das Dreißig- oder Vierzigfache von der Masse des Mondes beilegen wollte; aber ich bemerke dagegen, daß dieser Spielraum beim Kometen von 1680 gar nicht gestattet ist. Im genannten Jahre nämlich, am 21. November, ging der Komet nahe bei der Erde vorüber, und es ist erwiesen, daß seine Entfernung von derselben zur Zeit der Sündflut nicht geringer gewesen; es ist aber bekannt, daß der Komet im Jahre 1680 weder die Fenster des Himmels öffnete, noch innere Fluten hervorrief, noch endlich die große Tiefe aufbrach; daß ferner weder sein Schweif noch seine Nebelhülle Ueberschwemmungen verursachten. Da nun wohl Niemand annehmen wird, daß dasselbe Gestirn, das in unserer Zeit auf der Erde durchaus keine irgend merkliche Umwälzung hervorrief, in alten Zeiten, während es noch weiter entfernt stand, Alles umgestürzt habe, so kann man mit gutem Grunde behaupten, Whiston's Theorie sei Nichts als ein einfacher Roman; wenn man nicht vorzieht, den Kometen vom Jahre 1680 aufzugeben, und einem andern, viel beträchtlicheren Gestirne derselben Gattung, diese Rolle zutheilen will.

Zwölftes Kapitel.

Ueber die Hebungen in historischer Zeit.

Einer meiner Freunde, dem ich mündlich eine kurze Uebersicht von Elie de Beaumont's Arbeiten über die Gebirgssysteme (S. 61) gab,

Sonne beträgt, so übertrifft seine Geschwindigkeit die der Erde im Verhältnisse von $\sqrt{2}$ zu 1, also etwa wie 141 : 100. Träte also der Fall ein, daß die Erde und ein Komet sich sehr nahe kämen, und wären auch beider Bewegungen von gemeinschaftlicher Richtung, so würde dennoch, infolge der Geschwindigkeitsverschiedenheit, bald eine beträchtliche Entfernung beide Körper wiederum trennen. Duséjour hat berechnet, daß ein Komet, unter den allergünstigsten Umständen, nicht länger als 2 Stunden 32 Minuten in einem kleineren Abstande von der Erde, als 6000 Meilen verweilen könnte.

wollte mich abhalten, dieselben öffentlich vorzutragen, aus Furcht, wie er sagte, daß das Publikum aus einer Theorie, in welcher man, wie es im Sprüchworte heißt, die Berge aufschießen lasse wie Pilze, folgern könnte, daß unsere jetzigen Geologen gar sehr ihren Vorgängern glichen. Alle meine Bemühungen, ihm begreiflich zu machen, daß die Hebung der Gebirge heutiges Tages keine grundlose Annahme mehr sei, daß diese Ansicht aus den Thatsachen folge; daß sie sogar die einzige Erklärung liefere, welche man über die Neigung der Schichten der Sedimentformationen und über zahlreiche andere Erscheinungen noch hat geben können, waren gänzlich erfolglos. Es fiel mir dann ein, kleine Bodenhebungen, die in unsern Tagen vorgekommen sind, anzuführen; und die Wirkung, welche ein derartiger Beweis hervorrief, hat mich bestimmt, hier davon Gebrauch zu machen.

Niemand kann leugnen, daß die vulkanischen Auswürfe mit der Zeit auf der Oberfläche der Erde Hügel und selbst ziemliche Berge bilden. Man hat z. B. nachgewiesen, daß die aus dem Aetna hervorgebrochenen Laven ein viel größeres Volumen bilden würden, als der Berg selbst besitzt, und daß der Monte nuovo bei Neapel durch die in nur zwei Mal 24 Stunden ausgeworfene Asche erzeugt worden ist. Von solchen Erscheinungen indeß will ich jetzt nicht reden; die in Betracht zu ziehende Frage ist vielmehr diese: Hat es in historischen Zeiten schon festgewordene Theile der Erdrinde gegeben, welche in Masse durch innere Kräfte gehoben worden sind? Gibt es Landstrecken, welche nach ihrer Bildung durch eine Erdrevolution in unsern Zeiten über ihr ursprüngliches Niveau aufgestiegen sind? Diese Frage muß bejahend beantwortet werden. Das zunächst folgende Beispiel entlehne ich Herrn A. von Humboldt.

In der Nacht vom 28. zum 29. September 1759 erhob sich im Umkreise von Valladolid in Mexico der Erdboden im Umfange von fast dritthalb Quadratmeilen in Form einer Blase. An den abgebrochenen Schichten erkennt man noch jetzt die Grenzen, wo die Hebung aufhörte. Auf diesen Grenzen beträgt die Hebung des Bodens über sein ursprüngliches Niveau oder vielmehr über das der umgebenden Ebene nur 38 Fuß, aber gegen die Mitte der gehobenen Fläche beträgt die gesammte Erhöhung 500 Fuß.

Diesem Phänomen gingen Erdbeben vorauf, welche fast zwei Monate dauerten; als aber die Katastrophe eintrat, schien Alles ruhig; sie wurde nur durch ein furchtbares unterirdisches Getöse angekündigt, das in dem Augenblicke eintrat, wo der Boden sich erhob. Tausend kleine Kegel von 6 bis 10 Fuß Höhe, welche die Eingeborenen hornitos (Oefen) nennen, traten auf allen Punkten hervor. Längs einer von NNO. nach SSW. gerichteten Spalte bildeten sich plötzlich sechs große Kegel, von 1200 bis 1500 Fuß Höhe über die umliegende Ebene; der größte von ihnen ist ein wahrer Vulkan, der Jorullo, der basaltische Laven ausspeit.

Man sieht, daß die deutlichsten und bezeichnendsten vulkanischen Erscheinungen die Entstehung des Jorullo begleiteten, daß sie vielleicht die Ursache derselben gewesen sind; aber alles dies hindert nicht, daß eine ausgedehnte Fläche, die früher eben und vollständig fest war, auf der Zuckerrohr und Indigo gebaut wurde, nicht in unsern Tagen, wie bewiesen werden sollte, plötzlich bedeutend über ihr ursprüngliches Niveau gehoben worden ist. Das Entweichen von brennenden Substanzen, und die Bildung der Hornitos und des Vulkans Jorullo konnten nicht zur Vergrößerung dieser Wirkung beitragen, sondern mußten sie vielmehr grade im Gegentheil vermindern; denn alle diese Oeffnungen wirkten wie Sicherheitsventile und gestatteten der hebenden Ursache, mochte sie in Gasen oder Dämpfen bestehen, zu entweichen. Hätten die Mergelschichten des Bodens kräftigern Widerstand geleistet, und nicht in so vielen Punkten nachgegeben, so hätte die Ebene des Jorullo anstatt ein bloßer Hügel von 500 Fuß zu werden, vielleicht das Ansehen eines der benachbarten Gipfel der Cordilleren erlangt.

Die Umstände, welche im Jahre 1707 die Bildung einer kleinen Insel in der Nähe von Santorin oder Thera im griechischen Archipelagus begleiteten, scheinen mir gleichfalls geeignet zu beweisen, daß unterirdische Feuer nicht nur zur Entstehung von Bergen mittelst der durch die Vulkankrater erfolgten Auswürfe beitragen, sondern daß sie auch bisweilen die schon festgewordene Erdrinde emporheben. Den Auszug, den ich hier aus den damals veröffentlichten Berichten Bour-

gignon's und des Pater Gorée, beide Zeugen des Ereignisses, geben will, halte ich gegen jeden Einwurf gesichert.

Am 18. und 22. Mai 1707 empfand man leichte Erschütterungen auf Santorin.

Am 23. bemerkte man bei Aufgang der Sonne zwischen den beiden kleinen Inseln, die große und die kleine Kameni genannt, einen Gegenstand, den man für das Gerippe eines gescheiterten Schiffes hielt. Matrosen begaben sich nach diesem Punkte und berichteten bei ihrer Rückkehr zum großen Erstaunen der gesammten Bevölkerung, daß ein Felsen aus den Fluten hervorgetreten sei. In dieser Gegend besaß das Meer früher 400 bis 500 Fuß Tiefe.

Am 24. besuchten viele Personen die neue Insel, landeten daselbst, und sammelten auf ihrer Oberfläche große Austern, welche noch an dem Felsen hingen. Die Insel stieg unterdessen zusehends.

Vom 23. Mai bis zum 13. oder 14. Juni nahm die Insel fortwährend ohne Erschütterungen und Geräusch allmälich an Ausdehnung und Höhe zu. Am 13. Juni mochte ihr Umfang 1/8 Meile, und ihre Höhe 22 bis 25 Fuß betragen. Niemals waren bis dahin Flammen oder Rauch aufgestiegen.

Von der Zeit des Aufsteigens der Insel an war das Wasser an ihren Ufern trübe, am 15. Juni war es fast siedend.

Am 16. erhoben sich 17 oder 18 schwarze Felsen aus dem Meere zwischen der neuen und kleinen Kameni.

Am 17. hat die Höhe dieser Felsen beträchtlich zugenommen.

Am 18. steigt Rauch aus ihnen auf, und man hört zum ersten Male starkes unterirdisches Gebrüll.

Am 19. haben sich diese schwarzen Felsen vereinigt, und bilden eine zusammenhängende Insel, die aber von der ersten getrennt ist. Sie wirft Flammen, Aschensäulen und glühende Steine aus. Diese vulkanischen Erscheinungen dauerten noch bis zum 23. Mai 1708. Die schwarze Insel hatte ein Jahr nach ihrem Aufsteigen 1 1/8 Meile im Umfange, gegen 6000 Fuß Breite und mehr als 190 Fuß Höhe.

Man ersieht aus diesem Berichte deutlich, daß das Aufsteigen und das Wachsen der ersten Insel von keiner vulkanischen Erscheinung begleitet war, und daß man sie nicht als ein Gebilde von Auswürfen

würde betrachten können. Auch ist dies nicht die Ansicht, bei welcher die Geologen, welche die Hebungen verwerfen, sich beruhigt haben. Nach ihnen soll diese Insel eine große Bimsteinmasse sein, welche sich durch das am Tage vor ihrem ersten Sichtbarwerden eingetretene Erdbeben vom Grunde des Meeres gelöst hätte. Wie will man aber bei dieser Ansicht die Unbeweglichkeit der schwimmenden Masse erklären? Die Annahme, daß sie immer noch den Grund des Meeres berühre, ist unzulässig, weil man dann das Vorhandensein einer wirklichen Erhebung zugestehen würde; wenn die Masse aber schwimmen soll, so muß man angeben, wann und wie sie sich befestigte, wo sie einen Stützpunkt fand, welches die Ursache ihres von den Beobachtern erwähnten allmälichen Zunehmens und Aufsteigens war, wodurch in drei Wochen ein bloßer, kaum sichtbarer Felsen in eine Insel von $^1/_8$ Meile Umfang verwandelt wurde. So lange man nicht diese Fragen beantwortet, bleibt die Annahme einer Hebung des Meeresgrundes die einzige wahrscheinliche Erklärung, welche man bis jetzt von den Erscheinungen gegeben hat, die im Jahre 1707 das Erscheinen der ersten neuen Insel in der Rhede von Santorin begleiteten.

Ich gehe zu einem dritten Beispiele über.

Am 19. November 1822 $10^1/_4$ Uhr Abends wurden die Städte Valparaiso, Melipilla, Quillota und Casa-Blanca in Chili durch ein furchtbares Erdbeben zerstört, das drei Minuten dauerte. Beim Durchwandern der Küste an den folgenden Tagen in einer Länge von mehr als 15 Meilen nahmen verschiedene Beobachter wahr, daß dieselbe beträchtlich gehoben war; denn an einem Strande, wo die Flut nur 3 bis 6 Fuß hoch steigt, ist jede Erhebung des Bodens leicht zu constatiren.

Ich führe übrigens hier einige der Beobachtungen an, aus denen diese merkwürdige Folgerung sich ergibt.

Zu Valparaiso, nahe an der Mündung des Concon, und nördlich von Quintero sah man nahe am Strande im Meere Felsen, die früher Niemand bemerkt hatte. Ein Schiff, das an der Küste gescheitert war, und dessen Wrack Neugierige zur Ebbezeit in Kähnen zu besuchen pflegten, lag nach dem Erdbeben vollständig auf dem Trocknen. Als Lord Cochrane und Frau Marie Graham eine große

Strecke am Meeresstrande hinwanderten, fanden sie, daß das Meer, selbst zur Flutzeit, die Felsen nicht erreichte, an denen noch Austern, Patellen und andere Conchylien saßen, deren seit Kurzem gestorbene Thiere in Verwesung waren. Endlich waren alle Ufer des Sees von Quintero, der mit dem Meere zusammenhängt, augenscheinlich beträchtlich über das Niveau des Wassers gestiegen, und an dieser Oertlichkeit konnte auch den unaufmerksamsten Beobachtern die Thatsache nicht entgehen.

Zu Valparaiso schien die Gegend ungefähr um 3 Fuß gehoben, bei Quintero fand man 4 Fuß. Man hat behauptet, ungefähr 1/4 Meile weiter nach dem Innern hin habe die Hebung über 6 Fuß betragen; doch kenne ich das Detail der Messungen nicht, die zu letzterem Resultate führten.

Wie man sieht, gab es hier keine vulkanische Eruption, keine ausgeflossenen Laven, keine in die Luft geschleuderten Steine und Aschen, und man wird also, wenn man nicht behaupten will, das Niveau des Meeres sei gesunken, zu der Annahme gezwungen sein, daß das Erdbeben vom 19. November 1822 ganz Chili gehoben habe. Diese letztere Folgerung ist unvermeidlich, denn ein Sinken im Meeresniveau würde sich in demselben Grade in der ganzen Erstreckung der amerikanischen Küste kundgegeben haben, während doch Nichts dergleichen in den peruanischen Häfen, z. B. in Payta und Callao wahrgenommen wurde.

Im Juli 1819 erlitt das Delta des Indus während eines heftigen Erdbebens Umwälzungen, über welche der Lieutenant Burnes einige sehr merkwürdige Umstände berichtet hat.

Um Sindree senkte sich in einer Ausdehnung, größer als der genfer See (94 geogr. Quadratmeilen) der Boden und ward vom Meere bedeckt. Diese abwärtsgehende Bewegung zerstörte das kleine Fort von Sindree nicht; seine vier Thürme blieben aufrecht stehen, und die Garnison, die sich auf einen derselben geflüchtet hatte, rettete sich am Tage nach dem Vorfalle in Kähnen.

Während in der Nähe von Sindree der Boden sich senkte, entstand 1 Meile von diesem Dorfe in einer niedrigen, ganz horizontalen Ebene in der Richtung von Ost nach West und in einer Erstreckung

von mehr als 8 Meilen eine Hervorragung, welche die Anwohner Ullah=Bund oder Gottesdamm nannten. Dieser gehobene Strich erscheint dem Auge fast gleichförmig; seine Breite von Nord nach Süd beträgt an einigen Stellen mehr als $2^1/_2$ Meilen, und seine Höhe über das ursprüngliche Niveau des Delta erreicht 10 Fuß.

Nach der Erschütterung von 1819 war der Lauf des Indus sehr veränderlich. Im Jahre 1826 trat der Fluß aus seinem Bette, und brach sich einen geraderen Weg zum Meere, wobei er einen Einschnitt in den Ullah=Bund machte. Die zu Tage gelegten Seiten dieses Durchbruches zeigten, daß die gehobenen Schichten aus mit Conchylien erfüllten Thonlagern bestanden. Die Hebung war also ohne irgend einen vulkanischen Auswurf erfolgt.

Ich will ein fünftes äußerst merkwürdiges Beispiel einer Bodenerhebung anführen; ich meine das ephemere Erscheinen einer kleinen Insel im sicilischen Meere zwischen den kalkigen Ufern von Sciacca und der vulkanischen Insel Pantellaria. Diese kleine Insel, abwechselnd Ferdinandea, Hotham, Graham, Nerita, oder Julia genannt, wurde sichtbar zwischen dem 28. Juni und dem 8. Juli 1831; größer ist die Unsicherheit nicht. Denn an dem zuerst genannten Tage segelte der englische Kapitän Swinburne am Tage über die Stelle zwischen Sciacca auf der sicilischen Küste und der Insel Pantellaria, wo bald darauf das neue Inselchen aufstieg, ohne daß er etwas Ungewöhnliches bemerkt hatte; am 8. Juli dagegen sah der neapolitanische Kapitän Corrao deutliche Spuren der Eruption.

Constant Prevost erfuhr auf seiner 1831 im Auftrage der pariser Akademie der Wissenschaften nach der Insel Julia, nach Malta, Sicilien, den liparischen Inseln und den Umgebungen von Neapel unternommenen Reise einen sehr wichtigen Umstand in Betreff der Entstehung dieser Insel; der Prinz Pignatelli versicherte ihm, daß seit den ersten Tagen des Sichtbarwerdens, z. B. am 10. und 11. Juli, die Säule, welche sich aus dem Mittelpunkte der Insel erhob, in der Nacht mit einem ununterbrochenen, sehr lebhaften Lichte leuchtete; der Prinz verglich diese Erscheinung mit den Feuergarben unserer Feuerwerke.

Anfangs August war diese Staubsäule noch leuchtend, wenn auch nicht so stark als Prinz Pignatelli solches angab; das Leuchten

war aber wenigstens gut sichtbar. Gewährsmänner dieses Factums sind der Kapitän Irton und Dr. John Davy. Als am 5. August Davy sich in einiger Entfernung von der Insel in einer Gegend befand, wo der von den Winden fortgeführte unfühlbare Staub reichlich niederfiel, fand er denselben freilich beim Auffangen in seiner Hand nicht heiß; denkt man aber daran, mit welcher Schnelligkeit sehr feine dünne Körper, glühende Metalldrähte z. B., die Temperatur der Luft annehmen, so wird man nicht versucht werden, aus Davy's Bemerkung den Schluß zu ziehen, daß alle erdigen Auswürfe des Kraters, selbst jene, welche davon vertical niederfielen und unaufhörlich die sichtbare Masse der kleinen Insel vermehrten, kalt gewesen waren. Uebrigens konnte man während zwei ganzer Monate auf der Insel kaum gehen; so heiß waren die Schlacken und der Sand, welche sie bildeten.

Wäre der unterhalb des Wassers befindliche Theil der neuen Insel durch Uebereinanderlagern glühender oder wenigstens sehr heißer Substanzen erzeugt worden, wie es bei dem äußern Theile der Fall war, so hätte derselbe das Meer bis auf eine gewisse Entfernung erwärmen müssen; beim Annähern an die Insel hätte also ein in das Wasser derselben eingetauchtes Thermometer allmälich steigen müssen. Aber gerade das Umgekehrte trat ein: die von Davy bei dem Annähern an die Insel beobachtete Temperaturerniedrigung betrug 5°,6 C.

John Davy, erstaunt über diese starke Erniedrigung, glaubte dieselbe dem schwimmenden Staube, welcher das Meer am 5. August bedeckte, zuschreiben zu müssen. Nach seiner Meinung sollte der aus dem Krater in einer verticalen Säule emporgetriebene Staub bei seinem Niederfallen auf das Wasser die niedrige Temperatur behalten haben, die er in den höhern Schichten der Atmosphäre hatte annehmen müssen. Diese Erklärung scheint aber zwei ernstlichen Bedenken zu unterliegen: denn erstens sieht man nicht ein, warum jedes Staubtheilchen bei seinem Falle abwärts durch die Schichten der Atmosphäre nicht alle Wärme wieder aufnehmen sollte, die es beim Aufsteigen darin verloren hat; sodann aber ist hervorzuheben, daß die ganze Höhe der Säule nur gegen 400 Fuß betrug, die nach dem Gesetze der Abnahme der Temperatur in der Atmosphäre, das ich in dem Abschnitte über die

Klimate angeben werde, kaum einer Temperaturerniedrigung von $^2/_3{}^0$ entsprechen würde.

Diese von Davy beobachtete Abnahme der Temperatur um 5°,6 übertrifft Alles, was man bisher bei dem Annähern an Inseln oder seichte Stellen im Mittelmeere und selbst im Ocean gefunden hat. Es genügt also nicht, die Hypothese, welche eine Erhöhung der Temperatur zur Folge haben müßte, beseitigt zu haben; es bleibt noch übrig zu erklären, wie der erkältende Einfluß der kleinen Insel so groß gewesen ist.

Hierzu bedarf es nur der Annahme, daß die Insel sich zuerst durch Hebung bildete, daß die Seitenwände ihres unter Wasser befindlichen Theiles der gehobene Meeresgrund waren, daß sie aus einer steinigen seit Jahrhunderten erkalteten Masse bestanden, und jene Anomalie ist verschwunden.

Ich will hier einige Data anführen, die ich aus dem Journal des Kapitän Lapierre, Kommandanten der Staatsbrigg la Flèche, der durch den Marineminister nach jenem Orte abgeschickt war, entnommen habe; dieselben werden die vorhergehenden Beobachtungen bestätigen.

Zu Ende September 1831 hatte die Oberfläche des Meeres an der Küste der Insel Julia eine Temperatur von 23°; in 5 Fuß Tiefe fand er auch noch 23°; in 50 Fuß Tiefe erhielt er damals 21°,5, und in 150 Fuß Tiefe sank das Thermometer auf 19°,8.

Andere Betrachtungen zeigen ebenfalls, daß wenigstens der unter Wasser befindliche Theil der Insel Julia das Resultat einer Hebung des festen Felsenbodens des Meeres war.

Beim Durchgehen des Tagebuches von Lapierre habe ich zahlreiche Beobachtungen mittelst der Sonde, die am 29. September 1831 ganz um die neue Insel herum angestellt waren, gefunden. Nach diesen Beobachtungen konnte ich die mittlere Neigung (in Bezug auf den Horizont) des unter Wasser befindlichen Theiles der Insel zwischen dem Ufer und dem entsprechenden Punkte, wo das Loth Halt machte, berechnen. Die folgende Tabelle enthält die Beobachtungen und die berechneten Neigungen.

Abstand der Sondenlinie von der Küste in Metern.	Tiefe in Metern.	Berechnete Neigungen.
80 nördlich	84	47°2
40 nordöstlich	75	62,5
60 östlich	84	55,3
60 südsüdöstlich	81	54,2
60 südsüdwestlich	81	54,2
60 westlich	68	49,3
60 nordwestlich	73	51,3.

Andere Beobachtungen und Berechnungen geben für die unter Wasser befindlichen Seitengehänge der neuen Insel Neigungen, welche sich mit der Entfernung vom Ufer rasch vermindern. Ich überlasse es denjenigen, welche die Bildung unserer Erde am sorgfältigsten untersucht haben, zu entscheiden, ob lockere unzusammenhängende Massen, wenn die Meereswellen unaufhörlich dagegen schlagen, ob Aschen und kleine Steine, wenn man aus ihnen die Insel Julia gebildet annähme, sich ganze Monate unter so beträchtlichen Neigungen hätten halten können.

Einige Zahlenangaben werden übrigens einen Jeden in den Stand setzen, die vorstehenden Bemerkungen ihrem wahren Werthe nach zu würdigen. Nach Elie de Beaumont beträgt die Neigung der Wände des Vesuvkegels gegen den Horizont 33°, die Neigung der Wände des obern Kegels vom Aetna 32 bis 33°. Auf demselben Berge ist die Neigung der steilsten Böschungen der Schlackenkegel 37°. Die steilste Böschung, unter welcher sich feiner recht trockener Sand und gepulverter Sandstein aufschütten lassen, macht nach dem Architecten Rondelet mit dem Horizonte einen Winkel von 34°,5. Für gewöhnliche recht trockene und fein zerriebene Erde beträgt nach demselben Architecten der natürliche Böschungswinkel 46°,8; für feuchte Erde fand er als Mittel aus verschiedenen Versuchen 50°.

Schließlich will ich hinzufügen, daß die losen Aschen und Schlacken vom Meere fortgespült wurden; im December 1831 war an der Stelle der Insel Julia nur noch eine von 10 Fuß Wasser bedeckte Bank übrig. Man sieht dort nichts Vulkanisches mehr, es ist der felsige Grund des Meeres, der einfach gehoben worden ist.

In dem Vorhergehenden habe ich Beobachtungen berichtet, welche zeigen, daß in wenigen Stunden weite Landstrecken sich über ihr ursprüngliches Niveau erhoben haben; ich will die Darstellung vervollständigen, indem ich in Europa selbst ein großes Land, die scandinavische Halbinsel, anführe, dessen Boden ebenfalls, aber allmälich aus dem Meere aufsteigt.

Im nördlichen Theile der Ostsee oder im bottnischen Meerbusen finden sich auf Felsen, deren Fuß das Meer noch umspült, unveränderliche Marken, die von Zeit zu Zeit beobachtet darthun, daß in Bezug auf diese Marken das Niveau des Meeres allmälich sinkt.

Um diese Erscheinung zu erklären, muß man entweder annehmen, daß diese Felsen mit allen zugehörigen festen Massen sich heben oder daß das Niveau des Meeres sinkt. Letztere Annahme ist unzulässig; denn sollte sie statthaben, so müßte dies Sinken an den norddeutschen Küsten ebenso merklich sein, als in Schweden; dem widersprechen aber die Beobachtungen. Der Boden Scandinaviens steigt demnach!

Wie viel beträgt die Größe dieser Erhebung in einem Jahrhundert? Ist sie gleichförmig, oder nimmt sie ab oder zu? Wird sie von klimatischen Umständen geändert? oder hört sie auf merklich zu sein? Alle diese Fragen sind noch lange nicht vollständig beantwortet [19]).

Die Ostsee ist der Flut und Ebbe des Oceans nicht unterworfen. Indeß kann ihr Niveau mehrere Fuße schwanken, je nachdem die Winde in der einen oder andern Richtung wehen, und ungeheure Wasserströme durch den Sund ein- oder austreten lassen [20]). Nun weist aber Nichts darauf hin, daß gerade in den Augenblicken, wo man vor Zeiten die Marken, welche jetzt als Vergleichungspunkte dienen, eingrub, das Meer genau seinen mittleren Höhestand besaß; man wird daher nicht erwarten dürfen, zwischen den Resultaten eine Uebereinstimmung zu finden, da die Ausgangspunkte eine solche nicht gestatten. Es würde aber ebenso unverständig sein, wollte man diesem Umstande allein sämmtliche beobachtete Erhebungen des Bodens zuschreiben, denn man müßte annehmen, daß an vielen Orten und zu verschiedenen Zeiten ohne irgend einen zuvor überlegten Plan genau derjenige Zeitpunkt zur Anbringung der Marken gewählt worden wäre, wo die Ostsee durch die Wirkung eines heftigen Windes angeschwollen war. In der folgenden

Tabelle gebe ich einige genaue Resultate, welche einer Abhandlung von Hallström entnommen sind.

Name der Orte.	Datum des Ausgangspunktes.	Name der Beobachter.	Datum der spätern Vergleichung.	Name der Beobachter.	Erhebung des Bodens in einem Jahrhundert.
Raholman.	1700.	Dawison.	1750.	Hellant.	1^m,22
—		—	1775.	Zeelberg.	0,98
Stor-Rebben.	1751.	Hellant.	1785.	Schulten.	1,48
—		—	1796.	Hort.	1,25
Ratan (64° Breite).	1749.	Chydenius.	1785.	Schulten.	1,39
—		—	1785.	Wallman.	1,60
—		—	1819.	Hallström.	1,04
—	1774.	Hellant.	1785.	Schulten.	1,48
—		—	1795.	Wallman.	1,63
—		—	1819.	Hallström.	1,07
Ronnskar.	1755.	Klingius.	1797.	Hallström.	1,19
—		—	1821.	Brodd.	1,21
Wargon.		—	1785.	Schulten.	1,42
—		—	1797.	Hallström.	1,19
—		—	1821.	Brodd.	1,28
Lofgrandet (61° 45′ Br.).	1731.	Rudman.	1785.	Schulten.	1,60
—		—	1796.	Robson.	0,98

Das Sinken des Meeres oder vielmehr die mittlere Hebung des Bodens in einem Jahrhundert beträgt also an der westlichen Küste des bottnischen Meerbusens 1^m,31.

Dies eigenthümliche Phänomen scheint sich mit der Breite zu vermindern. In Calmar, auf der Insel Skaloe, beträgt diese Hebung in einem Jahrhundert kaum 0^m,24. An den Küsten der Provinzen Halland und Schonen, und weiter westlich im Kattegat findet man keine Spur mehr davon.

Zum Schlusse will ich noch einen Fall anführen, wo der Erdboden sich zu wiederholten Malen gehoben und gesenkt zu haben scheint.

Ich entnehme dieses Beispiel den Untersuchungen von Capocci, Director der Sternwarte in Neapel, über die bekannte Erscheinung der Anbohrung der Säulen im Serapistempel zu Puzzuoli.

Nach den von Niccolini benutzten Documenten ist erwiesen, daß in der Periode vor dem Beginne unserer Zeitrechnung, in der man im

Tempel des Serapis den Mosaikfußboden legte, welcher unter einem neuern Fußboden aus Marmor entdeckt wurde, das Meeresniveau in diesen Gegenden im Vergleich zu dem Festlande um 4 Meter niedriger lag als heute. In den ersten Jahrhunderten unserer Zeitrechnung, in der Periode, wo man die Bäder wieder aufbaute und den neuen Fußboden legte, stand das Meeresniveau 3m,9 Meter über dem jetzigen; im Mittelalter stand es ungefähr 5m,7 über dem jetzigen. Im Anfange dieses Jahrhunderts war der Meeresstand 0m,65 niedriger als jetzt.

Die Erzählungen mehrerer Augenzeugen der schrecklichen Eruption, welche 1538 nahe beim lucriner See einen neuen Berg, den berühmten Monte Nuovo, erzeugte, dienen der Ansicht, welche jene Bewegungen dem Erdboden und nicht dem Meere zuschreibt, zur Stütze. Porzio, Toledo, Borgia, der zweite Falconi stimmen in der Aussage überein, daß das Meer sich vom Ufer auf eine Weite von zweihundert Schritten zurückzog. Loffredo schrieb im Jahre 1580, daß man 50 Jahre früher da fischte, wo man zu seiner Zeit zwischen Puzzuoli und dem lucriner See Ruinen aus dem Alterthume sah. Wie sollte sich nun aber das Meer zurückziehen können, indem es an einem Punkte eines Meerbusens sich auf eine dauernde Weise senkte, ohne sich gleichzeitig an den benachbarten Punkten zu senken und zurückzuziehen? Und doch zog es sich ganz bestimmt nicht zurück in Neapel, Castellamare und Ischia. Im Jahre 1538 wurde also das Ufer an jenem Orte allein gehoben und trocken gelegt. Vor dieser Zeit war der Tempel des Serapis, ebenso wie Pompeji bis auf eine gewisse Höhe verschüttet, was hinderte, daß die drei noch aufrecht stehenden Säulen desselben an ihren untern Theilen von den Bohrmuscheln durchbohrt wurden.

Folgendes sind übrigens die eigenen Worte Porzio's, eines seltenen Geistes von tiefem Wissen, der von seinen Zeitgenossen für den Fürsten der Philosophen erklärt wurde: „Diese Gegend wurde fast zwei Jahre lang durch heftige Erdbeben erschüttert, so daß kein Haus unversehrt blieb, und kein Gebäude mehr da war, das nicht von einem baldigen unvermeidlichen Einsturze bedroht worden wäre. Aber am fünften und vierten Tage vor den Calenden des Octobers bebte die Erde ununterbrochen Tag und Nacht; das Meer zog sich ungefähr 200

Schritte zurück; auf dem trocken gelegten Strande sammelten die Einwohner eine Menge Fische und bemerkten hervorsprudelndes süßes Wasser. Am dritten Tage endlich schien ein großer Landstrich zwischen dem Monte Barbaro und dem Meere in der Nähe des Averno sich zu heben, und die Gestalt eines entstehenden Berges anzunehmen. An demselben Tage um die zweite Nachtstunde verwandelte sich das gehobene Terrain in einen Krater, und stieß mit großen Convulsionen Feuerströme, Schlacken, Steine und Aschen aus."

Diese Worte scheinen keinen Zweifel über die Hebung des Bodens zu lassen, wenigstens, wenn man nicht die folgende vom Verfasser selbst gegebene subtile Erklärung annehmen will. Er sagt nämlich in einer zweiten Stelle: „Das Meer zog sich anfangs zurück, ohne Zweifel allein deshalb, weil die Dämpfe, welche einen Ausweg suchten, die Theilchen des Bodens fortstießen und die, man möchte sagen, durstige Erde das Wasser durch kleine Spalten einsog, woher es kommt, daß dieser Theil des Bodens, der bis dahin vom Meere bedeckt war, trocken blieb und das Ufer sich durch Anhäufungen von Aschen und Steinen hob." Warum sucht man aber neben der sichtbaren Hebung eines Theiles des Erdbodens „magnus terrae tractus .... sese erigere videbatur" nach einer verwickelten und schwierigen Erklärung, in welcher man nicht einsieht, wie das Wasser, welches unaufhörlich zuströmen mußte, um in den Klüften verschluckt zu werden, die Aschen und Steine sich anhäufen ließ, um das Ufer zu erhöhen?

Und diese Erhebung war nicht unbeträchtlich; denn nach den weiter oben angeführten Schriftstellern hatte vor 1538 der Boden sich ungefähr um $5^m,7$ unter die jetzige Höhe senken müssen. Im Anfange des 19. Jahrhunderts lag er $0^m,65$ über dieser jetzigen Höhe. Die ganze Erhebung im Jahre 1538 konnte also nicht weniger als $6^m,3$ betragen haben, ein Werth, der aber wahrscheinlich noch überschritten worden ist, weil die jetzt bemerkbare absteigende Bewegung nicht erst in den letzten Jahren hat anfangen müssen.

Als Capocci untersuchte, in welcher Erstreckung an der Küste der Boden sein Niveau geändert habe, fand er, daß die Hebung sich hatte erstrecken müssen von dem Orte, wo die antiken Mineralbäder wieder hergestellt worden sind bis zu den Bädern des Nero. Weiter östlich

als die Bäder bei Nisita und weiter westlich als die Bäder bei Bajä scheint der Boden sein Niveau behalten zu haben, wenn er nicht vielleicht ein wenig gesunken ist.

In der That hat man auf beiden Seiten dieser Grenzen Punkte gefunden, wo das Wasser sich über Ruinen antiker Gebäude erhebt, besonders zu Bajä in der Nähe des Venustempels. Auch zu Puzzuoli gibt es einige unter Wasser gesetzte Bauten, doch ist dies hier nur eine Ausnahme, während es an andern Oertlichkeiten der allgemeine Fall ist. Man bemerkt an dem Strande, in einiger Entfernung vom Ufer, keine Spur vom Verweilen des Wassers daselbst, wie man solche in der dazwischen liegenden Strecke, besonders von Puzzuoli bis zum lucriner See wahrnimmt. Auf dieser Zwischenstrecke und zwar genauer in ungefähr 200 Schritt Entfernung vom Meeresufer zeigt der Boden längs der nach 1538 angelegten Straße eine Art Vorsprung, gegen welchen die Meereswellen einst angeschlagen zu haben scheinen. Dieser Vorsprung, der sich durch keine Abstufung in den jetzigen Strand verläuft, weist daher auf eine plötzliche Aenderung, und nicht auf eine allmäliche Verrückung der Grenzen des Meeres hin.

Die im Vorhergehenden näher betrachtete Erscheinung hat für die Physik der Erde ein großes Interesse; man müßte mit Sorgfalt und Ausdauer ihre Beobachtung fortsetzen. Jährliche Nivellements in Verbindung mit in großen Tiefen gemachten thermometrischen Messungen würden zeigen, was von einer scharfsinnigen Idee Babbage's zu halten sei, nach welcher die an so vielen Orten beobachteten Veränderungen im Niveau des Erdbodens mit angebbaren localen Temperaturänderungen in den tiefen Erdschichten verbunden sein sollen. Babbage findet, daß eine Aenderung um 50° C., welche bis in eine Tiefe von einer geogr. Meile reichte, an der Oberfläche eine Bewegung von 7 Meter hervorrufen würde.

Dreizehntes Kapitel.

Gegenwärtig thätige Vulkane.

§ 1. Definitionen.

Für das Annuaire des Längenbureau von 1824 hatte ich einen Aufsatz geschrieben über die jetzt auf der Oberfläche unseres Planeten thätigen Vulkane. Die genaue Ausführung einer solchen Arbeit ist außerordentlich schwierig. Die Details, welche die meisten Reisenden über die großen Phänomene, die uns die vulkanischen Eruptionen darbieten, berichten, sind unvollständig und sehr unbestimmt. In den Augen des Einen erscheint jeder Erdstrich, wo ein wenig Rauch aufsteigt oder einige Funken sichtbar werden, als ein Vulkan; während ein Anderer diesen Namen nur denjenigen Bergen beilegt, die unaufhörlich Lavaströme, glühende Substanzen und Aschen auswerfen. Der Erstere wird in sein Verzeichniß die beweglichen Flammen von Pietra-Mala, Barigazzo, Velleja, von Persien und Karamanien aufnehmen, während der Zweite selbst Santorin in die Klasse der Solfataren verweist. Zu dieser ersten Schwierigkeit tritt die noch größere, zu entscheiden, welche Entfernung zwei Krater scheiden muß, um sie als Anzeichen zweier verschiedenen Vulkane betrachten zu können. Auf Teneriffa erfolgte 1706 der Ausbruch durch eine 1 geogr. Meile vom Pic entfernte Oeffnung; der Ausbruch dagegen, welcher Garachico zerstörte, geschah auf der entgegengesetzten Seite an einem Punkte, welcher von demselben Pic ³/₄ Meile abstand. Zwischen beiden Oeffnungen lag also eine Entfernung von 1³/₄ Meilen, ohne daß es Jemand eingefallen wäre, dieselben als zwei verschiedenen Vulkanen angehörig zu betrachten. Nun aber, müssen wir die Insel Palma, wo im Jahre 1699 ein Lavaausbruch stattfand, als einen von Teneriffa getrennten Vulkan enthaltend betrachten? Müssen wir die Zerstörung der Insel Lancerote im Jahre 1730 als Wirkung eines Seitenausbruchs des Vulkans vom Pic oder als Anzeichen eines besondern Vulkans ansehen? Aehnliche Fragen bieten sich bei jedem Schritte dar, und man hat keine Mittel sie zu beantworten. Ich würde darauf verzichtet haben, den unternommenen Versuch zu Ende zu führen, hätte ich nicht den Vortheil gehabt,

bei Abfassung meines Aufsatzes die beiden Männer, denen die physische Geschichte unserer Erde am besten bekannt ist, A. von Humboldt und Leopold von Buch, um Rath fragen zu können. Dieser Aufsatz, nach den neuern Veröffentlichungen dieser beiden berühmten Gelehrten revidirt, besitzt, wie ich glaube, hinreichende Genauigkeit, um ein Kapitel dieses Buches zu bilden, das der Beschreibung derjenigen Phänomene gewidmet ist, welche die Existenz des Erdplaneten unter den im Universum verbreiteten Welten auszeichnen.

Leopold von Buch erklärt (Physikalische Beschreibung der canarischen Inseln S. 326 ff.) die Bildung der verschiedenen Arten von Vulkanen in folgender Weise:

„Es theilen sich nämlich alle Vulkane der Erdfläche in zwei, wesentlich von einander verschiedene Klassen, in Central- und in Reihenvulkane. Jene bilden allemal den Mittelpunkt einer großen Menge um sie her fast gleichmäßig nach allen Seiten hin wirkender Ausbrüche. — Diese, die Reihenvulkane, liegen in einer Reihe hinter einander, oft nur wenig von einander entfernt, wie Essen auf einer großen Spalte, wie sie denn auch wohl sein mögen. Man zählt auf solche Art zuweilen wohl zwanzig, dreißig oder auch noch mehr Vulkane, und so ziehen sie sich über bedeutende Theile der Erdoberfläche hin. In Hinsicht ihrer Lage sind sie dann wieder von zweierlei Art. Entweder erheben sie sich als einzelne Kegelinseln aus dem Grunde der See; dann läuft gewöhnlich ihnen zur Seite ein primitives Gebirge völlig in derselben Richtung, dessen Fuß sie zu bezeichnen scheinen, — oder diese Vulkane stehen auf dem höchsten Rücken dieser Gebirgsreihe und bilden die Gipfel selbst.

„In ihrer Zusammensetzung und in ihren Produkten sind diese beiden Arten von Vulkanen nicht von einander verschieden. Es sind fast jederzeit, nur mit wenigen Ausnahmen, Berge von Trachyt und die festen Produkte daraus lassen sich auf Trachyt zurückführen."

Diese Zeilen weisen den Grund der Schwierigkeiten nach, welche die Aufzählung der Vulkane darbietet, und geben die Regeln, welche zu befolgen sind, wenn es sich darum handelt, mehrere Feuerschlünde auf einen Centralvulkan zu beziehen, oder Vulkane zu einer Gebirgskette zu rechnen.

§ 2. Vulkane Europas und der umliegenden Inseln.

Man unterscheidet in Europa folgende Vulkane: Vesuv (Königreich Neapel), Aetna (Sicilien), Stromboli (liparische Inseln), Hekla (Island), Krabla (Island, im Nordosten der Insel), Kattlagiaa-Jokul (Island), Eyafialla-Jokul, Eyrefa-Jokul, Scaptaa-Jokul, Scaptaa-Syssel, Wester-Jokul (Island, südöstlich vom Hekla), Esk (Insel Jan Mayen).

Der Vesuv, der einzige jetzt brennende Vulkan auf dem europäischen Festlande, ist mehrere Male erloschen und wieder thätig geworden. Vor der Regierung des Titus wurde dieser Berg nur wegen seiner erstaunlichen Fruchtbarkeit erwähnt. Vitruv und Diodor, welche zu Augustus Zeit schrieben, sprechen allerdings nach geschichtlichen Zeugnissen davon, daß der Vesuv in alten Zeiten ebenso wie der Aetna Feuer gespieen hätte; indeß bezogen sich diese Erinnerungen auf sehr entlegene Zeiten, und waren fast verwischt.

Es war am 24. August des Jahres 79 nach Chr., als der Vesuv sich wieder öffnete. Dieser Ausbruch begrub die Städte Herculanum, Pompeji und Stabiä; bekannt ist, daß der ältere Plinius, der Verfasser der Naturgeschichte, als Opfer seiner lebhaften Wißbegierde, welche dieses großartige Schauspiel in ihm erregt hatte, umkam.

Nach dem Ausbruche von 79 brannte der Vulkan während tausend Jahre. Später schien er vollständig erloschen, so daß 1611 der Berg bis in die Nähe seines Gipfels bewohnt war, und Strauchwerk und kleine Seen im Innern des Kraters sich fanden.

Der merkwürdigste Ausbruch nach dem, durch welchen Plinius umkam, fand statt im Jahre 1822 vom 24. bis 28. October. „Er dauerte," sagt mein berühmter Freund A. von Humboldt in seinen bewundernswürdigen Ansichten der Natur, „ununterbrochen 12 Tage fort; doch war er in den ersten 4 Tagen am größten. Während dieser Zeit wurden die Detonationen im Innern des Vulkans so stark, daß die bloße Erschütterung der Luft (von Erdstößen hat man durchaus Nichts gespürt) die Decken der Zimmer im Palaste von Portici sprengte. In dem nahegelegenen Resina, Torre del Greco, Torre dell' Annunziata und Bosche Tre Case zeigte sich eine merkwürdige Erscheinung. Die Atmosphäre war dermaßen mit Asche erfüllt, daß die ganze Gegend

in der Mitte des Tages mehrere Stunden lang in das tiefste Dunkel gehüllt blieb. Man ging mit Laternen in den Straßen, wie es so oft in Quito bei den Ausbrüchen des Pichincha geschieht. Nie war die Flucht der Einwohner allgemeiner gewesen."

Seit dieser Zeit haben einige sehr merkwürdige Ausbrüche stattgefunden. Vom 1. bis 5. Januar 1839 warf der Vulkan eine so große Menge Asche aus, daß die ganze Ebene zwischen Bosche Tre Case bis Castellamare 4$^{1}/_{2}$ bis 5$^{1}/_{2}$ Zoll hoch davon bedeckt wurde. In den Straßen von Torre dell' Annunziata konnte man nicht mehr gehen, und die Straße nach Calabrien, welche durch diese Gegend führt, war so verschüttet, daß der Verkehr dahin einige Zeit unterbrochen war. Diese Aschen bestanden aus Körnern, die meistens die Größe von Hanfkörnern hatten; doch erreichten manche auch die Größe einer Hasel- und Wallnuß, ja selbst die Größe eines Eies. Der große Ausbruch des Vesuvs im Jahre 1850 hat eine Lava ausgeworfen, in der sich ungeheure Granitblöcke fanden; diese Lava hat ein breites Plateau erzeugt, dessen Ränder eine Art Cyklopenwall bilden, der sich wenigstens 16 Fuß über die Ebene erhebt, in welcher der Strom Halt gemacht hat.

Der Aetna macht sich durch seine erstaunliche Höhe bemerkbar, und zeichnet sich durch sein Alter aus. Schon Pindar, der 449 vor Chr. lebte, führt den Aetna als feuerspeienden Berg an. Thukydides hat uns Einzelheiten über den 476 vor unserer Zeitrechnung erfolgten Ausbruch aufbewahrt. Homer nennt selbst den Berg nicht, obschon er in der Odyssee den Ulysses auf Sicilien landen läßt. Aus diesem Stillschweigen eines Dichters, den man immer wegen des Umfanges und der Allgemeinheit seiner Kenntnisse bewundert hat, hat man mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit geschlossen, daß lange vor Homer's Zeiten der Vulkan erloschen war. Die römischen Geschichtschreiber, sowie die des Mittelalters und der neuern Zeit haben eine so große Zahl von Ausbrüchen des Aetna beschrieben, daß es vielleicht nicht schwer sein würde, den Nachweis zu führen, daß dieser Vulkan in einem Zeitraume von 2000 Jahren niemals ein ganzes Jahrhundert lang geruht hat.

Seneca sagte, daß die feuerspeienden Berge nicht die Nahrung

für das Feuer lieferten, sondern demselben bloß einen Ausweg darböten. Der Pater Kircher scheint diese Worte des römischen Philosophen haben commentiren wollen, als er im 4. Buche seines Mundus subterraneus ausspricht, daß die Auswurfsmassen des Aetna zusammengenommen ein zwanzig Mal so großes Volumen als das ursprüngliche Volumen des Berges bilden würden. Die Schrift Kircher's ist vom Jahre 1660. Neun Jahre darauf bedeckte ein einziger Ausbruch des Vulkans einen Flächenraum von 3 geographischen Meilen Länge, 1¼ Meile Breite wenigstens in einer durchschnittlichen Höhe von 100 Fuß mit Lava. Der Ausbruch von 1755 hat nach Dolomieu einen Lavastrom von 2 Meilen Länge, einer Viertelmeile Breite und 200 Fuß mittlerer Höhe erzeugt. Erwägt man die ungeheure Leere, welche so beträchtliche Auswürfe in dem Berge und unter seiner Basis erzeugen mußten, soll man dann nicht darüber erstaunen, daß Ausbrüche, wie der von 1787 z. B. noch durch den Gipfel, dessen Höhe über dem Meere 3237 Meter beträgt, geschehen konnten.

Die äolischen oder liparischen Inseln sind durch die Gase und Dämpfe merkwürdig, welche sie in die Atmosphäre aushauchen. Stromboli ist der Centralvulkan dieser Gruppe; er bildet einen Kegel von sehr regelmäßiger und gut bestimmter Form, den die Schiffer seit lange den Leuchtthurm des Mittelmeeres nennen. Herr v. Humboldt hat darauf aufmerksam gemacht, daß die Thätigkeit der Vulkane in umgekehrtem Verhältnisse ihres Volumens zu stehen scheint. Der Stromboli liefert eine auffallende Bestätigung dieses Satzes; denn er speit unaufhörlich Flammen aus, aber mit der besondern Eigenthümlichkeit, daß seit zwei tausend Jahren kein eigentlicher Ausbruch vorgekommen ist, obgleich die Beschaffenheit des umgebenden Bodens beweist, daß in alten Zeiten solche stattgefunden haben. Der Berg Epomäus auf der Insel Ischia darf nicht als ein jetzt thätiger Vulkan betrachtet werden; er würde es aber wahrscheinlich werden, wenn der Stromboli sich schlösse[21].

Santorin war der Schauplatz eines starken Ausbruchs im Jahre 1707. Da der Vorgang sich indeß nicht wiederholt hat, und die Insel keinen Krater, keinen wirklichen Vulkanschlot darbietet, so habe ich sie in meinem Verzeichnisse nicht aufgeführt.

Ich gehe jetzt zu den isländischen Vulkanen über.

Die Ausbrüche des Hekla zeigen nach Georg Makensie im Allgemeinen nicht ganz die Ausdehnung, die man ihnen zugeschrieben hat. Doch ist aus diesem Vulkane, der seit 1772 keinen Ausbruch gehabt hatte, im Monat September 1845 ein so beträchtlicher erfolgt, daß man auf den Orkaden eine große Menge Asche sammelte, und daß alle in jenen Gegenden befindlichen englischen Schiffe mit einer Schicht vulkanischen Staubes von einigen Zollen Dicke bedeckt wurden.

Der jüngste Ausbruch des Krabla geht zurück bis 1724[22]).

Vom Januar bis September 1756 erfolgten fünf Ausbrüche des Kattlagiaa. Seit dieser Zeit war der Vulkan völlig ruhig geblieben bis zum 26. Juli 1823, wo drei starke von Erdbeben begleitete Ausbrüche erfolgten.

Der Eyafialla-Jokul, der seit länger als hundert Jahren erloschen schien, hat am 20. December 1821 aus seinem Gipfel Flammenströme ausgestoßen. Augenzeugen versichern, daß die Feuersäule noch am 1. Februar 1822 sichtbar war, und daß Steine von 50 bis 80 Pfund Gewicht mit einer solchen Geschwindigkeit ausgeworfen wurden, daß sie erst in der Entfernung von einer Meile niederfielen. Der Berg barst an seinem Fuße am 26. Juni 1822, und durch den gebildeten Ausweg ergoß sich eine reichliche Menge Lava.

Der letzte Ausbruch des Eyrefa-Jokul ist von 1720.

Die im Jahre 1783 erfolgten Ausbrüche des Skaptaa-Jokul und des Skaptaa-Syssel nehmen unter Vorgängen dieser Art den ersten Rang ein: sie verwüsteten eine ungeheure Fläche Landes. Ein ganzes Jahr lang nach den Ausbrüchen waren der Atmosphäre in Island Staubwolken beigemengt, durch welche kaum einige Sonnenstrahlen hindurchdrangen.

Im Januar 1823 warf der Wester-Jokul Asche und Steine aus.

In der Verlängerung der isländischen Vulkanenreihe findet sich die Insel Jan Mayen, die einen hohen Vulkan, Esk genannt, besitzt, den Scoresby 1811 entdeckt und besucht hat. Er hatte einen Ausbruch gegen Ende April 1818; alle drei bis vier Minuten wurden Rauchsäulen bis auf eine Höhe von 3000 bis 4000 Fuß ausgestoßen.

§ 2. Vulkane auf den Inseln um Afrika.

Auf dem Festlande von Afrika kennt man nicht mit Gewißheit eigentliche Vulkane; aber auf den Inseln, welche die Geographen zu diesem Erdtheile rechnen, finden sich mehrere immerfort offene Vulkanschlünde. Die afrikanischen Vulkane sind der Pico Alto auf der Insel Pico unter den Azoren; der Pico de Teyde oder der Pic von Teneriffa auf der Insel Teneriffa; der Fuego auf der capverdischen Insel gleichen Namens; die drei Salassen auf der Insel Bourbon; der Zibbel-Teer auf der gleichnamigen Insel im rothen Meere, und endlich der Vulkan auf der Insel Ascension unter 8° südlicher Breite.

Der Pico Alto ist der einzige Berg der Azoren, welcher sich in Form eines Kegels in die Luft erhebt, der einzige ganz aus Trachyt gebildete, der einzige endlich, der eine immer offene Mündung darbietet. Die Geologen stimmen darin überein, den Krater und die ungeheuren Lavaströme, welche im Jahre 1808 auf der Insel St. Georg zu Tage kamen, als einen seitlichen Ausbruch des Vulkans Pico Alto zu betrachten. Auf dieselbe Weise erklären sie im Allgemeinen die merkwürdigen Ausbrüche auf der Insel St. Michael und die plötzliche Bildung einer kleinen Insel in der Nähe der letztern Insel im Jahre 1811. Diese Insel, von welcher der Kapitän der Sabrina, ein Augenzeuge dieses Vorganges, im Namen des Königs von England Besitz nahm, ist seitdem vollständig verschwunden. Das Meer hat jetzt an den Stellen, wo die Insel aus den Wogen auftauchte, mehr als 400 Fuß Tiefe. Gegenwärtig sind mehrere Krater auf der Insel St. Michael offen; im Jahre 1522 sprengte ein Ausbruch zwei Hügel in die Luft, und bedeckte mit den Trümmern die Stadt Villa Franca, die gänzlich zerstört wurde; 4000 Einwohner fanden unter dem Schutte ihren Tod.

Der Pico de Teyde, der sich majestätisch auf der Insel Teneriffa erhebt, ist der Centralvulkan der canarischen Inseln. Die Auswürfe dieses Vulkanschlundes scheinen mehr durch seine Abhänge als durch seinen Gipfel erfolgt zu sein. Der eigentliche Krater hat kaum mehr als 220 Fuß Durchmesser und 110 Fuß Tiefe. Seit undenklichen Zeiten sind aus ihm weder Lava, noch Flammen, noch aus der Ferne sichtbarer Rauch ausgestoßen worden. Der letzte Ausbruch im Jahre

1798 erfolgte seitlich durch den Berg Chahorra; er dauerte länger als drei Monate; verschiedene sehr beträchtliche Felsstücke, welche der Vulkan von Zeit zu Zeit emporschleuderte, gebrauchten nach den Beobachtungen Cologuan's 12 bis 15 Secunden, um auf die Erde niederzufallen. Teneriffa hatte seit 92 Jahren keinen Ausbruch erlebt, als der von 1798 plötzlich am 9. Juni jenes Jahres eintrat.

Ungeheure Lavaströme ergossen sich auf der Insel Palma, die $12^1/_2$ Meilen vom Pic entfernt ist, aus vulkanischen Schlünden, die sich 1558, 1646 und 1677 bildeten. Die Insel Lancerote wurde gleichfalls durch einen Ausbruch im Jahre 1730 zerrüttet.

Die Insel Fuego ist wahrscheinlich der einzige oder wenigstens der Hauptvulkan der capverdischen Inselgruppe. Diese sehr kleine Insel wird doch wegen der großen Höhe, zu der sie sich erhebt, sehr weit gesehen. Man hat keine genauen Nachrichten von den Ausbrüchen dieses Vulkanschlundes, der nach Roberts' Angabe 1721 Lavaströme ausspie.

Es gibt wenige Vulkane, die eine so große Thätigkeit entwickeln, als der Vulkan auf der Insel Bourbon. Der Ausbruch am 27. Februar 1821 erzeugte drei Lavaströme, die sich einen Ausweg hoch oben am Berge, etwas unterhalb des eigentlichen Kraters brachen. Der eine von diesen Strömen erreichte das Meer erst am 9. März. Einige Zeit nach der Explosion fiel an vielen Orten der Insel ein aus schwärzlichen Aschen und langen biegsamen, goldgelben Haaren ähnlichen, Glasfäden bestehender Regen. Dies letztere Phänomen, das man hauptsächlich im Jahre 1766 wahrnahm, wurde als dem Vulkane auf Bourbon eigenthümlich angesehen; Hamilton sagt aber, daß man ähnliche Glasfäden den Aschen beigemengt gefunden habe, welche während des Ausbruchs des Vesuvs im Jahre 1799 die Atmosphäre von Neapel verdunkelten.

Diejenigen Leser, welche aus den vulkanischen Vorgängen kein besonderes Studium gemacht haben, werden wahrscheinlich darüber erstaunen zu hören, daß im Jahre 1821 die glühende Lava des Vulkans Bourbon volle zehn Tage gebrauchte, um auf einem geneigten Terrain die geringe Entfernung vom Krater bis zum Meere zurückzulegen. Man muß aber bedenken einerseits, daß die Laven nicht vollkommen flüssig sind, und andrerseits, daß in dem Maaße, als sie erkalten, ihr

Fortrücken langsamer werden muß. Leopold v. Buch hat 1805 einen Lavastrom aus dem Gipfel des Vesuvs hervorbrechen und das von dem Austrittspunkte $^{7}/_{8}$ Meile entfernte Meeresufer in drei Stunden erreichen sehen; indeß bieten die Annalen der Vulkane wenig Beispiele einer ähnlichen Geschwindigkeit dar. Im Allgemeinen ist die Bewegung der Laven wenig geschwind; die Laven des Aetna gebrauchen auf den ebenen Strecken Siciliens ganze Tage, um einige Meter vorzuschreiten. Bisweilen ist die an der Oberfläche gelegene Schicht erstarrt und in Ruhe, während die innere, glühende und flüssige Masse noch fließt. Die große Zähigkeit der etwas abgekühlten Laven ist der Grund, daß die Ströme selbst auf Ebenen eine große Dicke an ihren Rändern behalten.

Der Zibbel-Terr liegt nach Bruce unter $15^{1}/_{2}{}^{0}$ nördlicher Breite; der Gipfel des Berges hat vier Oeffnungen, aus welchen dicke Rauchsäulen aufsteigen.

Der Vulkan der Insel Ascension besteht aus mehreren Kratern, welche um den Green-Mountain liegen, einen Kegel, der sich gewöhnlich in die Wolken verliert und ganz mit einer grünlichen Vegetation bedeckt ist, wovon er auch seinen Namen trägt.

Die Angaben über den Vulkan auf Madagascar, der ungeheure, 5 Meilen weit sichtbare Säulen von Wasserdampf ausstoßen soll, sind mir nicht so sicher erschienen, daß ich ihn hätte in das Verzeichniß der gegenwärtig thätigen Vulkane aufnehmen können.

§ 4. Vulkane in Asien.

Asien besitzt ausnahmsweise eine ziemlich große Zahl thätiger Vulkane auf seinem Festlande, nämlich: den Elbrus in Persien, den Turfan in Mittelasien unter 43° 30′ nördlicher Br. und 87° 11′ L.; den Bisch-Balikh ebendaselbst unter 46° Br. und 76° 11′ L.; den Avatscha, den Tolbatschinskaja Sopka, den Klutschew, den Kronotzkaja Sopka, den Opalinskaja Sopka, den Assatschinskaja Sopka auf der Halbinsel Kamtschatka. Die zu Asien gehörigen Inseln zeigen ebenfalls zahlreiche Vulkane; so zählt man 10 solcher auf den Kurilen, 4 auf den Aleuten, 9 auf den japanischen Inseln, 1 auf den Inseln von Lieu-Khieu.

Der Demavend ist wahrscheinlich der höchste Punkt der Elbruskette zwischen dem kaspischen Meere und der persischen Ebene. Mehrere Reisende führen diesen Berg als einen thätigen Vulkan auf, der aus seinem Gipfel eine sehr große Masse Rauch ausstößt; aber keine Aussage weist auf einen wirklichen Ausbruch hin, der in neuerer Zeit stattgefunden hätte.

Die Berge Turfan und Bisch-Balikh werden in einem Artikel der chinesischen Encyklopädie, wovon Rémusat die Uebersetzung gegeben hat, als ununterbrochen Flammen und Rauch ausstoßend dargestellt. Daselbst sollen die Kalmücken das Ammoniak sammeln, das sie nach verschiedenen Gegenden Asiens verführen.

Der Avatscha oder Gorelaja Sopka hatte einen Ausbruch 1779, während der Kapitän Clerke sich im Peter-Paulshafen befand. La Pérouse und sein Gefährte sahen 1787 beständig Rauch und Flammen auf dem Gipfel dieses Berges.

Ein Ausbruch des Tolbatschinskaja Sopka erfolgte im Jahre 1739.

Der Klutschew ist der höchste und thätigste Vulkan der Halbinsel Kamtschatka; es steigen von ihm beständig Rauch und Dämpfe auf. Sehr häufig stürzen sich Lavaströme über die Eismassen des Berges; eine Zeit lang setzt der Gletscher der Lava einen Damm entgegen; doch bald ist dieser Damm durch die Hitze und den Druck der glühenden Masse durchbrochen, und das Ganze stürzt mit großem Getöse von der Höhe des Berges herab. Die Fumarolen lagern auf dem Schnee reichlich Schwefel ab, den die Einwohner sammeln, wenn er in die aus dem schmelzenden Schnee entstehenden Bäche geräth. A. Erman aus Berlin hat im Jahre 1829 einen Lavastrom nur 720 Fuß unter dem Gipfel des Vulkankegels (dessen Höhe nach Erman 14790 Fuß) hervorbrechen sehen.

Der Krater des Kronotzkaja Sopka, der am Ostrande eines großen Sees, nicht weit vom Meere unter 54° 8′ nördlicher Breite liegt, läßt fortwährend eine große Menge Dämpfe entweichen.

Der Opalinskaja Sopka hat zu Ende des vorigen Jahrhunderts große Ausbrüche gehabt.

Der Assatschinskaja Sopka hat im Juni 1828 eine große Masse

Asche ausgeworfen, die der Südwestwind theilweise bis Petropawlowsk auf eine Entfernung von mehr als 20 Meilen forttrug.

Die 10 thätigen Vulkane der Kurilen sind: der Vulkan nördlich von Urbitsch auf der Insel Iturup gelegen; die zwei Vulkane der kleinen Inseln Tschirpoi; der Pic La Pérouse auf der Insel Marekan; der Vulkan der durch zahlreiche warme Quellen bekannten Insel Uschischir; der Pic Sarytschew auf der Insel Matua, der stets einen graugelblichen Rauch ausstößt; ein Vulkan, aus dem man auf der Insel Ikarma oft Feuergarben hervorbrechen sieht; der auf der Insel Onekotan von Admiral Sarytschew beobachtete Vulkan; der Pic Fuß auf der Insel Paramusir; und endlich der Pic der Insel Alait, aus dem 1793 ein starker Ausbruch erfolgte.

Die vier thätigen Vulkane der Aleuten sind in jeder Beziehung merkwürdig. Der Vulkan der Insel Tanaga, der fast so beträchtlich ist als der Aetna, zeigt seinen mit Schnee bedeckten Gipfel oft mit Asche bestreut. Im Mai 1796 sah ein auf der Insel Unmack sich aufhaltender Beamter der russisch-amerikanischen Compagnie aus dem Meere zwischen dieser Insel und der Insel Unalaschka eine ungeheure Flammensäule aufsteigen, die von einem heftigen Erdbeben und furchtbaren Getöse begleitet war; es war eine neue Insel, die einige Jahre später untersucht, noch an Ausdehnung zunahm, und auf der sich ein Pic befand, welcher noch fortwährend sich hob und Lava und Dampf auswarf. Der Pic Makuschkin in dem nördlichen Theile von Unalaschka entwickelt beständig Rauch; in dem Innern seines Kraters wird Schwefel gesammelt. Der Agaiedan auf der Insel Unimak hat zwei Ausbrüche, 1826 und 1827, gehabt.

Die japanischen Inseln besitzen nach Kämpfer's Aussage mehrere Vulkane, welche sehr heftige Ausbrüche darbieten. Neben der Insel Firando findet sich eine kleine felsige Insel, die beständig brennt. Im Jahre 1606 erhob sich neben der Insel Fatsisio eine andere kleine Insel, von welcher Broughton 1796 Rauch aufsteigen sah. Auf der Insel Kiusiu findet sich der Vulkan Aso, aus dessen Gipfel Flammenbüschel entweichen, und der Berg Unsen, welcher 1793 eine Reihe von Erderschütterungen, Eruptionen und Lavaströmen darbot, die länger als vier Monate dauerten und bei denen mehr als 50000 Menschen ihren

Tod fanden. Die Insel Nipon enthält drei Vulkane: der Berg Fusi, dessen Gipfel stets mit Schnee bedeckt ist, stößt dessenungeachtet unaufhörlich und reichlich Rauch aus; der Alamo, der im Monat August 1783 der Schauplatz eines Ausbruches war, welcher 29 Dörfer anzündete, den Boden mit Flammen bedeckte, einen Strom glühender Steine auswarf und den Fluß Asuma aus seinem Bette lenkte, so daß derselbe die ganze Gegend überschwemmte; und im Norden der Berg Jesan, der oft Bimsteinmassen sehr weit ins Meer schleudert. Die kleine Insel Kosima besitzt einen sehr weiten, aber nicht eben hohen Krater, aus dem unaufhörlich Dämpfe und Rauch entweichen. Die Insel Matsmai hat östlich von Chacodale einen Vulkan, aus dessen nördlichem Gehänge Broughton 1804 reichlich Rauch aufsteigen sah.

In dem Archipel von Lieu-Khieu liegt die Schwefelinsel, die einen dicken schwefligen Rauch ausstieß, als das Schiff Lyra unter dem Commando des Kapitäns Basil Hall am 13. September 1816 nahe bei ihr vorübersegelte.

Mehrere Reisende haben den Pic Adam auf Ceylon zu den Vulkanen gerechnet; aber Dr. John Davy, der ihn 1817 besuchte, hat keine Spur weder eines ältern noch neuern Ausbruches gefunden.

§ 5. Vulkane Amerikas.

Amerika bietet eine so große Anzahl von Vulkanen auf seinem Festlande dar, daß diese Erscheinung sehr die schon früher ausgesprochene Vermuthung unterstützt, daß wenigstens ein Theil der neuen Welt sicherlich jüngeren Ursprungs ist, als die alte Welt, allgemein so genannt, weil sie die Wiege unserer Civilisation ist.

Man findet zunächst 3 Vulkane auf der Nordwestküste: den Berg St. Elias, den Berg del Buen Tiempo, den Vulkan de las Virgenes.

In Mexiko trifft man 5 Vulkane an: den Orizaba oder Citlaltepetl, den Popocatepetl oder den Vulkan von Puebla, den Turtla, den Jorullo, den Colima.

In Guatemala und in Nicaragua zählt man nicht weniger als 19 Vulkane: den Soconusco, den Sacatepec, den Hamilpas, den Atitlan, die Fuegos von Guatemala, den Pacaya, den Isalco, den San-Salvador, den San-Vincente, den Besotlan, den Cocivinia in

der Nähe des Golfs von Conchagua, den Viejo, nahe bei dem Hafen von Rialero, den Telica, den Mamotombo, den Masaya, den Bombacho, den Ometep, den Papagayo, den Irasce.

Die Gebirge von Quito und von Popayan zeigen 11 thätige Vulkane: Tolima, Paramo de Ruiz, Sotara, Purace, Rio Fragua, Pasto, Antisana, Rucupichincha, Cotopari, Tunguragua, Sangay.

In der Provinz los Pastos zählt man die drei Vulkane von Cumbal, von Chiles und del Azufral.

Peru zeigt uns die Vulkane von Arequipa, von Uvinas, von Omato und von Gualatieri.

In Chili findet man eine aus sieben thätigen Vulkanen bestehende Gruppe: Santiago, Mayppo, Rancagua, Peteroa, Antuco, Votuco, Villa-Rica.

Der Archipel der Antillen bietet die neun Vulkane dar von St. Eustache, Nevis, Montserrat, St. Christoph, Guadeloupe, Dominique, Martinique, St. Lucia, St. Vincent. In den Gallopagosinseln endlich trifft man nur einen Vulkan.

Die Vulkane auf der Nordwestküste Amerikas sind wenig bekannt; man kennt die Zeit ihrer neuesten Ausbrüche nicht, über welche überhaupt nur die unbestimmten Aussagen der Indianer vorhanden sind.

Vollständiger ist, dank den schönen Arbeiten A. v. Humboldt's, die Geschichte der merikanischen Vulkane. Der Orizaba, dessen aztekischer Name Citlaltepetl Sternberg bedeutet, ist von 1545 bis 1566 der Schauplatz außerordentlich heftiger Ausbrüche gewesen; neuere Ausbrüche sind nicht bekannt.

Der Popocatepetl raucht schon seit der Zeit der Eroberung Meriko's. Denn Cortez berichtet, daß er zehn seiner muthigsten Gefährten beauftragt habe bis zum Gipfel vorzudringen und *das Geheimniß des Rauchs zu entdecken*, das er Karl V. mittheilen wollte. Dieser Vulkan brennt immer, hat aber seit undenklichen Zeiten keine Lava ausgeworfen.

Der Vulkan Turtla liegt südöstlich von Veracruz; sein letzter sehr bedeutender Ausbruch ereignete sich am 2. März 1793. Die ausgeworfenen Aschen wurden damals bis Perote, 20 Meilen in gerader Linie fortgeführt.

Die Katastrophe, welche dem Vulkan Jorullo seine Entstehung gab, ist vielleicht, sagt A. v. Humboldt, eine der außerordentlichsten physikalischen Revolutionen, welche die Annalen unserer Erde erzählen. Mitten in einem Festlande, 18 Meilen von den Küsten, 21 Meilen von jedem andern thätigen Vulkan entfernt, hebt sich eine Fläche von ungefähr 2½ Quadratmeilen, wie schon oben S. 94 erwähnt wurde, in der Nacht vom 28. zum 29. September 1759 in Form einer Blase in die Höhe. Inmitten tausend flammender Kegel steigen plötzlich 6 Berge von 1200 bis 1600 Fuß Höhe über das ursprüngliche Niveau der umliegenden Ebenen auf. Der größte derselben hat eine Höhe von 1650 Fuß; es ist der Jorullo. Seine Ausbrüche dauerten ununterbrochen bis zum Monat Februar 1760; jetzt hat das unterirdische Feuer bei weitem weniger Lebhaftigkeit.

Der Vulkan Colima, der westlichste unter den Vulkanen Neuspaniens, stößt in unsern Tagen kaum Aschen und Rauch aus.

Herr A. v. Humboldt hat die wichtige Bemerkung gemacht, daß der Orizaba, Popocatepetl, Colima und andere erloschene Vulkane in einer geraden Linie liegen, als wären sie aus einer einzigen Spalte oder einem einzigen Gange hervorgebrochen, und zwar in einer auf der Erstreckung der großen Bergkette, die Mexiko von Nordwest nach Südost durchsetzt, senkrechten Richtung. Der soeben erwähnte Vulkan Jorullo hat sich 1759 in diesen Zug der alten Vulkane eingeschoben. Diese merkwürdige Anordnung, die wir auch sonst noch wiederfinden werden, existirt gleichfalls nach Daubuisson unter den erloschenen Vulkanen des Puy-de-Dôme.

Die Vulkane von Guatemala und Nicaragua liegen zwischen dem 10° und 15° nördlicher Breite längs der Küste in einer Linie, die im Allgemeinen der Richtung der Cordilleren folgt. Diese Vertheilung hat stets die Aufmerksamkeit der Geologen und Seefahrer auf sich gezogen, es fehlen aber noch Untersuchungen über jeden dieser Vulkane, deren Beschaffenheit und Geschichte nicht näher bekannt ist.

Die Vulkane Soconusco und Hamilpas rauchen nur selten; Ausbrüche sind von ihnen nicht bekannt. Der Vulkan Sacatepec, auch bekannt unter dem Namen Tajamulco, Quesaltenango, Sunis,

Suchitepec, Quejamulco, stößt reichlich Flammen und Rauch aus. Der Vulkan Atitlan raucht ebenfalls beständig.

Die beiden einander sehr nahe liegenden Pics, die Fuegos von Guatemala genannt, hatten 1581, 1586, 1623, 1705, 1710, 1717, 1732, 1737, 1799 furchtbare Ausbrüche, welche die Bewohner der Stadt zwangen, sich anderswo anzusiedeln.

Der Vulcan Pacaya beunruhigt fortwährend die umliegende Gegend; er ist durch die Masse schwarzen Rauches bekannt, den er in kurzen Unterbrechungen ausstößt, und der oft von Flammen durchzuckt wird, aus denen Steine und Asche in großer Menge herausfahren.

Der Vulkan Isalco, auch Sonsonate oder Trinidad genannt, ist außerordentlich thätig; es werden unter Andern Ausbrüche angeführt von 1798, 1805, 1807 und 1825; bei dem letzten wurde der Fluß Tequisquillo um mehrere tausend Fuße aus seinem Laufe abgelenkt.

Das Thal, in welchem die Stadt San-Salvador liegt, wird durch einen sehr thätigen Vulkan geschlossen; indeß sind die Zeiten seiner Ausbrüche nicht recht bekannt.

Der Vulkan St.-Vincent, auch Sacatecoluca genannt, hatte im Jahre 1643 einen sehr heftigen Ausbruch, der die ganze Gegend mit Asche und Schwefel bedeckte. Im Januar 1835 zerstörte ein neuer Ausbruch dieses Vulkans viele Städte und Dörfer.

Der Vulkan St.-Miguel-Bosotlan, der nur wenige Meilen vom Meere abliegt, ist äußerst thätig; doch ist die Geschichte seiner Ausbrüche nur wenig bekannt.

Der Vulkan Cocivinia oder Gilotepec, nahe an der Bai von Conchagua war im Januar 1835 der Schauplatz eines von zahlreichen Erderschütterungen begleiteten Ausbruches, dessen Aschen bis 115 Meilen weit fortgeführt wurden.

Der Vulkan del Viejo, unweit des Hafens Ntalero, im Innern des Landes die Vulkane Telica, Mamotombo und Masaya, der Vulkan Bombacho oder von Granada, der Vulkan Ometep oder Sapaloca, und endlich der Vulkan Papagayo oder Orosi stoßen ununterbrochen Flammen und Rauch aus, ohne daß Ausbrüche derselben genau aufgezeichnet worden sind.

Der Vulkan Irasce oder von Carthago hatte im Jahre 1723 einen furchtbaren Ausbruch.

Der Vulkan Tolima hatte 1595 einen Ausbruch; seit 1796 hat er wieder angefangen zu rauchen. Der Paramo de Ruiz war der Schauplatz eines Ausbruches 1828. Der Rio-Fragua haucht stets Dämpfe aus. Der Sotara und Purace, südöstlich und östlich von Popayan, auf der mittleren Kette der Anden, welche zwischen den beiden großen Flüssen Rio Magdalena und Rio Cauca liegt, brennen ununterbrochen.

Die Vulkane von Azufral, Tuquerez, Cumbal und Chiles, welche die Vulkangruppe der Provinz los Pastos bilden, stoßen beständig schweflige Dämpfe und Rauch aus.

Der Vulkan Pasto ist völlig von den Cordilleren getrennt. Sein Zusammenhang mit den Vulkanen der Provinz Quito zeigte sich 1797 auf eine auffallende Weise. Vom Monat November an stand eine dicke Rauchsäule über dem Vulkan Pasto, man sah sie von der Stadt gleichen Namens aus; zum großen Erstaunen aller Bewohner der letztern verschwand dieser Rauch plötzlich am 4. Februar 1797. Dies war aber genau die Zeit, wo 32 Meilen nach Süden die Stadt Riobamba, in der Nähe des Tunguragua, durch ein furchtbares Erdbeben zerstört wurde.

Der Pichincha hat vier Gipfel, welche von fern das Ansehen von Kegeln, Thürmen und starken Burgen haben; der eine derselben, der Rucu-Pichincha, d. h. der Alte, der Vater, war in den Jahren 1553, 1559, 1560, 1566, 1577, 1580 und 1660 der Schauplatz so beträchtlicher Ausbrüche, daß die Asche bei ihrem Herabfallen die Stadt Quito während ganzer Tage in eine vollständige Dunkelheit einhüllte. Obschon fast zwei Jahrhunderte seit dem letzten Ausbruche verflossen sind, ist doch der Vulkan nichts weniger als erloschen. Meine beiden Freunde, die Herren A. v. Humboldt und Boussingault, und später der Oberst Hall und Herr Wisse haben ihn, bei den gefahrvollen Besteigungen, welche sie in den Jahren 1802, 1831, 1832 und 1845 ausführten, brennen sehen.

Vom Antisana kennt man keinen späteren Ausbruch als 1590.

Aus dem Cotopari erfolgte ein Ausbruch 1742, während die

französischen Akademiker in der Nähe mit der Gradmessung beschäftigt waren. Die Flammen und brennenden Substanzen bildeten eine 800 Fuß hohe Säule über dem Berge. Die seit zwei Jahrhunderten angehäuften Schneemassen schmolzen vom Gipfel bis auf 800 Fuß unterhalb, und der daraus entstehende Wasserstrom stürzte sich mit solcher Heftigkeit in die Ebene, daß er 60 bis 90 Fuß hohe Wellen bildete. Anderthalb oder zwei Meilen vom Berge betrug nach Bouguer's Schätzung die Geschwindigkeit des Wassers noch 42 bis 54 Fuß in der Secunde. 600 Häuser wurden vom Strome fortgeschwemmt, und 700 bis 800 Menschen verschlungen. Noch größere Verwüstungen richteten die Ausbrüche von 1743 und 1744 an.

Bei der Untersuchung der noch sichtbaren Spuren des großen Ausbruches von 1533, dessen Andenken sich unter den Bewohnern des Landes von Geschlecht zu Geschlecht fortgepflanzt hat, überzeugten sich Bouguer und La Condamine, daß der Vulkan damals Steine von 89 bis 111 Kubikmeter, noch größer mit einem Worte, um mich La Condamine's Ausdruck zu bedienen, als eine Indianerhütte*), weiter als $1^1/_2$ Meile geschleudert hatte. Der Ursprung dieser Steine konnte nicht zweifelhaft sein: sie bilden auf allen Seiten gegen den Vulkan hin gerichtete Streifen. Es scheint nicht, daß der Vesuv jemals Steine auf größere Entfernungen als $^1/_6$ Meile geschleudert habe.

Im Februar 1803 war A. v. Humboldt Zeuge eines Ausbruches des Cotopaxi, welcher sehr weit im stillen Ocean gehört wurde. Der Tunguragua warf im Jahre 1641 aus. Der Sangay hat seit dem Jahre 1728 beständig fortgebrannt.

Der Chimborazo, obgleich Niemand an seiner vulkanischen Beschaffenheit zweifelt, steht nicht in dem obigen Verzeichnisse, weil sich keine Erinnerung an einen seiner Ausbrüche erhalten hat. Dasselbe gilt von dem Carguairazo. Die kothige Ueberschwemmung, welche 1698 über 4 Quadratmeilen bedeckte, war nicht die Wirkung eines eigentlichen Ausbruches. Als der Carguairazo zusammenbrach, ergossen sich die in seinem Innern verborgenen Wassermassen mit Heftigkeit in

*) Die meisten dieser Trachytblöcke halten nach Boussingault's Messungen 25 bis 30 Kubikmeter.

die Ebene, und brachten die Verwüstungen hervor, von denen die Geschichtschreiber Amerikas erzählen.

In Peru wirft der Vulkan Arequipa beständig Dämpfe und Asche aus, hat aber seit Ankunft der Spanier in Amerika keinen Ausbruch gehabt. Der Vulkan, welcher um die Mitte des 16. Jahrhunderts so große Aschenmengen ausstieß, daß die Stadt Arequipa fast ganz begraben wurde, ist der Vulkan Uvinas, der nur wenige Meilen von dem vorhergehenden entfernt ist. Der Vulkan Omato, 20 Meilen von Arequipa entfernt, hatte einen sehr heftigen Ausbruch 1667. Der Gualatieri, auch der Sacama genannt, wirft beständig viel Rauch und Dämpfe aus.

Blickt man auf die Karte von Amerika, so überrascht es, weder zwischen dem 2. und 16°., noch zwischen dem 18. und 27°. südlicher Breite einen Vulkan zu finden. Wenn die Gruppe der Vulkane Arequipa, Uvinas, Gualatieri und Omato nicht vorhanden wäre, so würde die Reihe von Guatemala und Nicaragua, und die Gruppen von Popayan, Quito und los Pastos von dem langen Vulkanzuge Chilis, den wir nun betrachten wollen, durch einen von allen Vulkanen gänzlich freien Raum von 25° Breite getrennt sein. Wenn auch Peru nur eine kleine Gruppe sehr wenig thätiger Vulkane enthält, so gibt es doch wenig Länder, wo mehr Erdstöße empfunden werden, und wo sie größere Verwüstungen anrichten. Oft erzeugen sie ungeheure Spalten, über welche man Brücken schlagen muß, um den Verkehr zwischen den verschiedenen Provinzen wiederherzustellen. Eine dieser Spalten, die infolge des Erdbebens entstand, welches 1746 Lima zerstörte, hatte bei 6 Fuß Breite 1/2 Meile Länge.

Man hat auf manchen Karten von Chili mehr Vulkane verzeichnet, als ich im Anfange dieses Paragraphen angeführt habe; ich mußte mich aber auf das beschränken, was mir das Zuverlässigste zu sein schien. Ich rede übrigens nur von den jetzt in Thätigkeit begriffenen Vulkanen. Der Vulkan von Santiago scheint seit dem großen Erdbeben von 1822 nicht außer Thätigkeit gewesen zu sein. Der Vulkan Maypo muß großen Umfang und große Thätigkeit besitzen, denn man bemerkt während der Nacht ununterbrochen ein lebhaftes Licht und einen dicken Rauch; auch am Tage sieht man oft Flammen entweichen.

Der Rancagua ist durch die leuchtenden Streifen und die Aschenauswürfe, die von seinem Krater aufsteigen, bekannt. Der Peteroa ist sehr thätig; er ist berühmt durch den großen Ausbruch im December 1762. Der Vulkan Antuco speit beständig schweflige Dämpfe, Rauch, Asche und Steine aus; im Jahre 1828 entsandte er einen Lavastrom, dessen Licht während der Nacht 20 Meilen weit sichtbar war. Der Votuco schleudert so viel Aschen und Dämpfe aus, daß in einem Umkreise von 2 bis 2½ Meilen die Vegetation ganz unterdrückt ist. Der Vulkan Villa-Rica ist durch einen Ausbruch im Jahre 1640 bekannt.

Wir kommen jetzt zu den Vulkanen der Inseln Amerikas. Der Archipel der Antillen bietet eine große Zahl immer offener Schlünde. Die Inseln St. Eustach, Nevis, Montserrat sind durch Vulkane bekannt, welche beständig Schwefeldämpfe aushauchen. Die Insel St. Christoph war in der Mitte des Jahres 1682 der Schauplatz eines zweiten Ausbruches, der mehrere Wochen dauerte.

Der letzte Ausbruch des Vulkans von Guadeloupe fand 1797 statt; der Berg spie Bimstein, Aschen und Wolken von schwefligen Dämpfen aus.

Auf Dominique ereignen sich häufig kleine Schwefelauswürfe, jedoch ohne Verbrennung.

Der Berg Pelé auf Martinique enthält einen Krater, der am 22. Januar 1782 Schwefeldämpfe und heiße Wassermassen auswarf.

Auf Sta. Lucia findet eine fortwährende Erzeugung von Schwefel statt, die durch die Condensation der Dämpfe veranlaßt wird, welche aus dem Krater Ualibu aufsteigen; man sieht auch Strahlen heißen Wassers. Im Jahre 1766 fand ein kleiner Auswurf von Steinen und Aschen statt.

Der Vulkan der Insel St. Vincent hat 1718 und 1812 Laven ausgeworfen. Die Aschen dieses letzten Ausbruchs wurden bis zur Insel Barbados, 15 Meilen östlich fortgeführt.

Auf den Gallapagosinseln ist der Pic von Narborough-Island in voller Thätigkeit; alle Reisende erwähnen übereinstimmend das Licht, von dem er erglänzt, und im Jahre 1825 sah Lord Byron einen Lavastrom ausstoßen.

Zum Schlusse der auf die amerikanischen Vulkane bezüglichen Angaben will ich bemerken, daß thätige Vulkane sich weder in Buenos-Ayres, noch in Brasilien, noch in Guyana, noch in dem Littorale von Venezuela, noch endlich in den Vereinigten Staaten finden, d. h. auf keinem Punkte der Ostküste dieses großen Continentes. Es gibt sogar östlich von den Anden nur drei kleine Vulkane, die in der Nähe der Quellen des Caqueta, Napo und Morona liegen, und die nach A. von Humboldt wahrscheinlich nur Seitenwirkungen der Vulkane von Popayan und Pasto sind.

§ 6. Vulkane Australiens.

Ueber viele Vulkane der australischen Inseln existiren nur unbestimmte Angaben; ich werde in mein Verzeichniß nur diejenigen aufnehmen, die mit Sicherheit bekannt sind.

Die Philippinen enthalten 6 thätige Vulkane; Barren Island 1; Borneo 1; die Molukken 8; Sumatra 4; Java 14; die kleinen Sundainseln 10; Banda 1; Amboina 1; Neu-Guinea 2; Neu-Britanien 3; Santa Cruz 1; der Archipel del Espiritu Santo 2; Neu-Seeland 1; die Marianen 2; die Sandwichinseln 1; die Gesellschafts- und Freundschaftsinseln 2; die Inseln des Marquis de Traversay 1; Sandwichland 1.

Die Vulkane der Philippinen sind durch ihre beständige Thätigkeit merkwürdig. Zunächst will ich erwähnen den Vulkan der Insel Babujan, aus welchem 1631 ein großer Ausbruch stattfand, der die Einwohner zwang die Flucht zu ergreifen und die Insel zu verlassen. Die Insel Luzon bietet die drei Vulkane Aringuay, Taal und Mayon dar; der Aringuay hatte einen Ausbruch 1641; der Taal speit oft Flammen und Aschen aus; seine bedeutendsten Ausbrüche sind die von 1716 und 1754, von denen der letztere viele Dörfer zerstörte; der Mayon ist durch seine Ausbrüche in den Jahren 1766, 1800 und 1814 bekannt. Die kleine Insel Ambil besitzt einen Vulkan, dessen Flammen den Schiffern den Weg nach Manilla zeigen. Endlich enthält Mindanao wenigstens einen Vulkan, den Sanguil, der fortwährend Flammen und Rauch ausstößt.

Der Vulkan von Barren Island stand in vollem Ausbruche, als

man ihn 1792 entdeckte; er stieß ungeheure Rauchsäulen und glühende Steine von 6 bis 8 Centner Gewicht aus. Die Insel hat nur 3 Meilen im Umfange.

Der gegenwärtig bekannte thätige Vulkan von Borneo gehört einem kleinen Inselchen an der Westküste der Insel, nördlich von Sambas an.

Die Molukken besitzen Vulkane, welche durch ihre Thätigkeit und durch ihre neuen Hebungen bemerkenswerth sind. Auf der nördlichen Spitze der Insel Sanguir trifft man zunächst den Vulkan Aboe, dessen Ausbruch vom 10. bis 16. December 1711 viele Dörfer mit Asche bedeckte und einem großen Theile der Bevölkerung den Tod brachte; es ist einer der größten Vulkane auf der Erde. Zwischen Celebes und Sanguir findet sich die kleine Insel Siao, auf der sich ein sehr hoher Pic erhebt, dessen Abhänge sich am 16. Januar 1712 öffneten; seit dieser Zeit haben die Ausbrüche fortgedauert. Die Insel Celebes enthält den Vulkan Kemas, der sich 1680 infolge eines heftigen Erdbebens gehoben hat, und der Schauplatz eines Ausbruches war, der einen großen Theil der Insel verwüstete, und die Umgegend in tiefe Finsterniß hüllte. Am 20. Mai 1673 erhob sich der Vulkan Gammacanora auf der westlichen Küste der Insel Gilolo und warf eine bedeutende Masse von Bimstein aus. Die Insel Ternate besitzt einen brennenden Vulkan, dessen Ausbrüche von 1608, 1635, 1653 und 1673 viel Bimstein und Dampf auswarfen. Die Insel Tidore, neben der vorigen gelegen, hat einen ganz ähnlichen Vulkan. Im Jahre 1673 schleuderte der Vulkan der Insel Motir Steine aus seinem Krater. Endlich zeigt Machian, die nördlichste der kleinen Molukken einen Vulkan mit einem sehr großen Krater, der 1666 einen Ausbruch hatte.

Die Vulkane Gonung Allas, Berapi, Gonung Api von Penkalan Jambi und Gonung Dempo auf der Insel Sumatra rauchen beständig; an ihrem Fuße entspringen heiße Quellen.

Die Insel Java besitzt eine große Zahl in Reihen oder geraden Linien liegender Vulkane. Geht man von West nach Ost auf der Insel, so sind es: der Gonung Keran und der Gagak, aus denen Dämpfe entweichen; der Salak, dessen letzter Ausbruch 1762 stattfand; der Tankuban, bekannt durch seinen sehr weiten Krater und die große

Menge seiner schwefligen Dämpfe, dessen letzter Ausbruch 1804 erfolgte; der Gonung Guntur, einer der thätigsten Vulkane der Insel, der von 1800 bis 1807 unaufhörlich tobte, woher ihm auch sein Name, Donnerberg, beigelegt wurde; der Galung Gunig, der bei seinem Ausbruche 1822 schlammige heiße Wasserströme ausstieß, welche ungeheure Verwüstungen anrichteten und vielen Anwohnern den Tod brachten; der Chermai, der 1805 auswarf; der Merapi, der 1701 und am 29. December 1822 Ausbrüche hatte; der Lawu, bei dessen Ausbruche 1806 sehr heiße schweflige Dämpfe sich entwickelten; der Klut, dessen letzter Ausbruch 1785 stattfand; der Arjuna, aus welchem fortdauernd eine große Menge Rauch aufsteigt; der Dasar, der 1804 auswarf; der Lamongan, aus dem furchtbare Ausbrüche 1806 und besonders 1808 erfolgten; der Taschem, der östlichste Vulkan der Insel, bekannt durch die aus ihm hervordringenden heißen Wasser, welche Schwefelsäure enthalten, war 1796 und 1817 der Schauplatz heftiger Ausbrüche. Der Berg Papandayang war einer der Hauptvulkane der Insel, existirt aber jetzt nicht mehr; zwischen dem 11. und 12. August 1772 verschwand dieser Berg nach der Entstehung einer großen leuchtenden Wolke ganz und gar in dem Innern der Erde. Nach der Schätzung beträgt das auf diese Weise versunkene Terrain 3½ Meilen in Länge und 1½ Meile in Breite.

Zwischen Java und Sumbava enthält die Insel Bali den Vulkan Kara Asam, der durch einen Ausbruch im Jahre 1808 bekannt geworden ist. Der Tomboro auf der Insel Sumbava selbst hatte einen heftigen Ausbruch 1815. Die Detonationen wurden deutlich auf Sumatra gehört, an Orten, welche 150 Meilen in gerader Linie vom Vulkan entfernt sind.

Flores oder Mangeray enthält zwei Vulkane, einen im Westen von Bligh, und einen andern im Osten von Tuckey gesehenen. Dampier hat 1699 Dämpfe aus dem Gipfel des Pic der Insel Lombatta sich entwickeln sehen, und Tuckey führt einen beständig thätigen Vulkan auf der Insel Pontare an. Eine kleine zwischen Flores und Daumer, ein wenig oberhalb, gelegene Insel zeigt einen Vulkan, aus dem sehr beträchtliche Rauchmassen entweichen. Die Insel Daumer selbst enthält einen sehr großen Vulkan. Nicht fern von ihr zeigen die Inseln

Nila und Seroa Solfataren; man hat daselbst Ausbrüche gegen Ende des 17. Jahrhunderts angeführt.

Der Gonung Api auf der Insel Banda ist fast niemals in Ruhe; bekannt sind die heftigen Ausbrüche desselben von 1586, 1598, 1609, 1615, 1629, 1632, 1683, 1694, 1765, 1775, 1778, 1820. Lavaströme, Bimsteinmassen, ungeheure Flammen stiegen zu diesen verschiedenen Zeiten aus ihm auf. Am 11. Juni 1820 schleuderte er glühende Steine so groß wie die Wohnungen der Eingeborenen. Mehrere dieser Steine erreichten eine Höhe von fast 4000 Fuß über dem Berge.

Der Wavani auf der Insel Amboina ist gleichfalls sehr thätig. In den Jahren 1674, 1694, 1783, 1797, 1816, 1820 und 1824 spie er Flammen und erstickende Dämpfe aus, deren Geruch sich weit verbreitete.

Die beiden Vulkane von Neu-Guinea, die Dampier 1700 brennen sah, als er die Küste dieser Insel durchforschte, haben fortgefahren Flammen und Rauch zu entwickeln.

Die drei Vulkane des Archipels Neu-Britanien sind in Ausbrüchen gesehen worden: der eine im Westen durch Dampier, Carteret und den Kapitän Hunter; der zweite im Osten durch Dampier und Tasman; der dritte mehr nach Süden gelegene durch d'Entrecasteaux. Am 29. Juni 1793 stieß dieser letztere einen Lavastrom aus, der mannigfache Cascaden bildete und sich in das Meer stürzte.

Nahe bei Santa-Cruz liegt eine kleine Insel Namens Volcano, die 1767 und 1797 einen brennenden Vulkan zeigte.

In dem Archipel del Espiritu-Santo, den Bougainville die großen Cycladen, und Cook die Neuen Hebriden nannte, findet man zuerst die Insel Ambrym, welche einen Vulkan enthält, aus dem man oft Flammen mitten in einem dicken weißen Rauche aufsteigen sieht. Die Insel Tanna ist ebenfalls vulkanisch; Cook war im August 1774 Zeuge eines ihrer Ausbrüche. Der Vulkan warf Flammen, Aschen und Steine aus, die mindestens dem Rumpfe des großen Bootes eines Schiffes an Größe gleichkamen. Im April 1793 bemerkten d'Entrecasteaux und seine Gefährten eine dicke Rauchsäule auf dem Gipfel des Berges.

Nahe bei Neu-Seeland auf der kleinen Insel While-Island in der Bai von Plenty kennt man wenigstens einen thätigen Vulkan.

In dem Archipel der Marianen zählt man wenigstens neun Vulkane; unter die noch brennenden kann man indeß mit Sicherheit nur die der Insel Assomption und der Schwefelinsel rechnen.

Die Sandwichinseln enthalten auf der Insel Owhyhe, jetzt öfter Hawaii genannt, der Insel, auf welcher Coock seinen Tod fand, einen Berg, der einer der größten Centralvulkane der Erde ist, den Mouna-Roa. Auf den Gehängen dieses berühmten Berges gibt es mehrere Krater, unter denen einer, von den Eingeborenen Kirauca genannt, sehr merkwürdig ist. Er liegt 3 bis 3½ Meilen vom Meere im nordöstlichen Theile der Insel; seine Form ist elliptisch, sein Umfang am obern Theile nicht geringer als 1 Meile; die Tiefe schätzt man auf 1100 bis 1150 Fuß. Man kann leicht in den Grund hinabsteigen.

Als Goodrich diesen Krater 1824 zum ersten Male besuchte, bemerkte er in der Höhlung zwölf verschiedene Stellen, die mit glühender Lava bedeckt waren, und drei oder vier Oeffnungen, aus denen sie bis zu einer Höhe von 40 bis 50 Fuß hervorsprudelte. 950 Fuß oberhalb des Grundes lief damals um die innere Wand des Kegels ein schwarzer Rand herum, welchen derselbe Beobachter als Anzeichen der Höhe betrachtet, auf welche die flüssige Lava kurz zuvor gestiegen war, bevor sie sich durch irgend einen unterirdischen Canal einen Ausweg zum Meere brach. Mehr oder weniger dichte schweflige Dünste entweichen übrigens beständig aus allen Spalten der erstarrten Lava, und erzeugen hier und da ein ähnliches Geräusch, wie der aus dem Sicherheitsventil der Dampfkessel entweichende Dampf. Die in der Umgebung dieses Kraters in großer Menge vorkommenden Bimsteine sind so leicht, so porös und von so feinem Gefüge, daß es schwer ist Handstücke davon aufzubewahren. Haarfeine faserige Fäden, ähnlich denen, welche man nach allen Ausbrüchen des Vulkans der Insel Bourbon (S. 115) findet, bedecken den Boden des Kraters 2 bis 3 Zoll hoch; der Wind führt diese Fäden oft 3 bis 4 Meilen weit fort.

In der Nacht vom 22. December 1824 erfolgte aus einem neuen Vulkane in der Mitte des alten ein Ausbruch; beim Aufgange der Sonne besaß der Lavastrom schon eine ziemlich große Ausdehnung;

an manchen Punkten wurde die Lava in Strahlen bis zu 54 Fuß Höhe geworfen.

Zu einer andern Zeit zählten die Missionare bis 5 Krater von sehr wechselnder Form und Größe, die sich wie ebenso viele Inseln aus dem Schooße des glühenden Meeres erhoben, womit die nördlichen und südwestlichen Theile des Kraters bedeckt waren; die einen stießen Lavaströme aus, während aus den andern nur Feuersäulen oder dicker Rauch aufstiegen. Das Schauspiel verändert sich fortwährend. Im Juni 1832 sah David Douglas selbst einen Ausbruch an einem Orte eintreten, wo im Juni 1825 Lord Byron sein Zelt aufgeschlagen hatte.

Auf den Gesellschaftsinseln bilden der Berg Tobreonu der Insel Otahiti, und auf den Freundschaftsinseln der Vulkan Tofua eine dauernde Communication zwischen dem Innern unserer Erde und der Atmosphäre. Den Vulkan Tofua sah Bligh in vollem Ausbruche.

Die Insel Amsterdam stand ganz in Feuer, als d'Entrecasteaux im März 1792 ihrer ansichtig wurde. Einige haben in dieser Erscheinung nur einen einfachen Brand gesehen, während andere daraus den Schluß gezogen haben, die Insel enthalte einen Vulkan.

Die Inseln des Marquis von Traversay zwischen Neu-Georgien und den Sandwichslande besitzen einen thätigen Vulkan. Ein solcher existirt gleichfalls auf dem Sandwichslande.

§ 7. Rückblick.

Die gegenwärtig thätigen Vulkane, welche durch ihre Krater eine dauernde Communication zwischen der Atmosphäre und dem Innern der Erde herstellen, liefern den Beweis für die Reaction der innern Masse unseres Planeten gegen seine äußere Rinde; und aus diesem Gesichtspunkte sind die Vulkane nicht durch rein locale Ursachen hervorgerufene Erscheinungen. Ihre Entstehung geht nicht bis in eine sehr weit entlegene Zeit zurück; sie sind erst nach der Ablagerung der obersten Kreideschichten und der tertiären Formation entstanden, und unterscheiden sich dadurch von den ältern Ergießungen des Granits und Quarzporphyrs, welche die Spalten des alten Uebergangsgebirges ausfüllen. Sie verdanken ihre Entstehung einer allgemeinen Wirkung der innern Masse der Erde gegen ihre feste Rinde, sowie solche heutiges

Tages gebildet ist; diese Wirkung äußert sich in der vulkanischen Form in den Punkten, wo diese Rinde einen geringern Widerstand darbietet. Eine der Aufmerksamkeit der Beobachter ebenfalls würdige Erscheinung ist die Fortpflanzung des Geräusches, welches den Ausbrüchen vorangeht oder sie begleitet. Ich habe S. 129 schon angeführt, daß 1815 die Detonationen des Tomboro (auf Sumbava) auf Sumatra gehört wurden, also in einer geradlinigen Entfernung von 150 Meilen von dem Berge. Eine andere fast ebenso auffallende Thatsache erzählt A. v. Humboldt. Die Explosionen, welche am 27. April 1812 die erste Ascheneruption des Vulkans von St. Vincent verkündigten, schienen den Bewohnern der Insel nicht viel stärker als der Knall einer Kanone von großem Kaliber; und doch wurden dieselben auf dem Rio-Apure, am Einflüsse des Rio-Nula, 150 Meilen vom Vulkane, also in der Entfernung der Stadt Paris vom Vesuv, vollständig wahrgenommen. Das Geräusch ward so gut durch die Luft fortgepflanzt, daß es für Artilleriesalven gehalten wurde und deßhalb an mehreren Orten des amerikanischen Festlandes zu militärischen Maaßnahmen Veranlassung gab.

Die vulkanische Wirkung zeigt sich aber nicht in gleicher Weise an allen Punkten der Erdoberfläche, wie dies aus dem Anblicke der beiden Karten (Fig. 244 und 245, S. 128) erhellt, mit deren Entwerfung ich Herrn Barral beauftragt habe; sie enthalten die Vulkane und Gebirge, auf welche ich glaubte die Aufmerksamkeit lenken zu müssen, um die Geschichte der Erde aus astronomischem Gesichtspunkte wohl festzustellen. Der soeben ausgesprochene Satz folgt auch noch aus der folgenden Tabelle, welche eine Uebersicht der in diesem Kapitel enthaltenen Einzelheiten gibt:

	Zahl der thätigen Vulkane.		
	Auf dem Festlande.	Auf den Inseln.	Im Ganzen.
Europa	1	11	12
Afrika	0	6	6
Asien	9	24	33
Amerika	52	10	62
Australien	0	62	62
Summa	62	113	175

Mit Ausnahme der Vulkane in Centralasien und zweier Vulkane der Neuen Welt liegen alle übrigen jetzt thätigen Vulkane in geringern Entfernungen als 25 geogr. Meilen von dem Meere. Dies erlaubt wohl den Schluß, daß die Küsten für die jetzigen Ausbrüche eine geeignetere Lage darbieten, als das Innere der Continente. Daraus folgt jedoch nicht nothwendig, daß das Meerwasser bei den vulkanischen Erscheinungen eine vorwaltende Rolle spielen muß. Es scheint vielmehr die Annahme angemessen zu sein, daß der Meeresboden und die Küsten, da sie mehrere tausend Fuße unterhalb des festen Landes der Continente liegen, im Allgemeinen der Wirkung der unterirdischen Kräfte einen geringern Widerstand darbieten müssen, als die mehr compacte und dickere Masse der übrigen Theile der Erdoberfläche. Die 175 Feuerschlote, welche heutzutage eine dauernde oder ununterbrochene Communication des Innern der Erde mit ihrer Atmosphäre herstellen, sind also Erscheinungen, welche in enger Beziehung zu den Revolutionen unseres Planeten stehen, und in seiner Geschichte die Gegenwart mit der Vergangenheit verknüpfen.

Vierzehntes Kapitel.

Atmosphäre der Erde. — Barometer. — Dämmerungsphänomene. — Astronomische Refraction.

Wie Jedermann bekannt, ist die Erde von einem dünnen, durchsichtigen elastischen Fluidum, Luft genannt, umhüllt, das sich bis zu einer bedeutenden Höhe erhebt; die zusammenhängende Schicht, welche die Luft rings um unsere Erde bildet, heißt die Atmosphäre*). Dieses Fluidum ist, wie alle Körper, schwer, denn eine mittelst der Luftpumpe leer gemachte Glaskugel wiegt weniger als wenn sie mit Luft gefüllt ist. Die Elasticität der Luft hat man durch sehr bekannte Versuche nachgewiesen; ich will nur erinnern an das Aufschwellen einer nicht ganz mit Luft gefüllten und dicht zugebundenen Blase unter dem gläsernen Recipienten der Luftpumpe, sobald die Luft aus demselben aus-

*) Vom Griechischen ἀτμός Dampf.

gepumpt wird, und an die Kraft, mit welcher ein Kolben zurückgetrieben wird, wenn man ihn in einen am untern Ende verschlossenen Cylinder hineinzustoßen sucht.

Ebenso ist bekannt, daß wenn man irgend eine Flüssigkeit in eine gebogene und an beiden Enden offene Röhre gießt, dieselbe in beiden Schenkeln gleich hoch steht, weil die Atmosphäre, wie groß ihr Gewicht auch sein mag, auf beide Flüssigkeitssäulen gleich stark drückt, so daß kein Grund vorhanden ist, weßhalb die eine Säule länger werden soll als die andere. Nehmen wir jetzt an, das eine Ende der Röhre werde vollkommen dicht geschlossen und von der in ihm befindlichen Luft befreit: soll dann Gleichgewicht stattfinden, so muß offenbar der Druck, welchen die in dem letztgenannten Schenkel enthaltene Flüssigkeit ausübt, dem vereinigten Drucke der Atmosphäre und der im andern offenen Schenkel befindlichen Flüssigkeit das Gleichgewicht halten. Man begreift hiernach, daß der Unterschied in der Länge der beiden Säulen als ein Maaß für den Druck der Atmosphäre dienen kann.

Wäre die in der Röhre enthaltene Flüssigkeit Wasser, so würde der eben bezeichnete Unterschied, in gleichem Niveau mit dem Meere, ungefähr 32 Fuß betragen, während bei Anwendung von Quecksilber, das ungefähr $13^1/_2$ Mal schwerer ist als das Wasser, dieser Unterschied in der Höhe der beiden Säulen an demselben Orte nur 28 Zoll oder 760^{mm} betragen könnte. Jedenfalls ist klar, daß bei Vergrößerung des atmosphärischen Druckes die Flüssigkeit in dem verschlossenen Schenkel steigen und in dem andern fallen wird, und ebenso umgekehrt. Da ein solches Instrument in jedem Augenblicke den atmosphärischen Druck messen läßt, so hat man ihm den Namen Barometer oder Schweremesser gegeben.

Ich brauche hier wohl nicht zu sagen, daß, wenn wir den Druck, welchen die Atmosphäre auf alle Theile unsers Körpers unausgesetzt ausübt, nicht wahrnehmen, dieß einzig daran liegt, daß die in verschiedenen Richtungen auf unsere Organe ausgeübten Drucke sich von selbst im Gleichgewichte halten; auf die Fluida unseres Körpers wirken die Aenderungen, welche in dem Drucke der Atmosphäre eintreten, wie man sogleich daraus erkennt, daß man bei sehr schnellem Untertauchen ins Meer mittelst der Taucherglocke, oder auch bei sehr raschem Auf-

steigen in die Luft mittelst eines Luftballons lebhaften Schmerz in den Ohren empfindet, der verschwindet, wenn man durch öfter wiederholtes Schlucken die in diesen Organen befindliche Luft mit der äußern Luft in Verbindung hält, wie dies Birio auf den mit Barral gemachten berühmten Luftfahrten gethan hat.

Die aus einer heberförmig gebogenen Röhre construirten Barometer heißen wegen ihrer Form Heberbarometer, und sind an einem festen Beobachtungsorte sehr bequem; sie haben nur die Unbequemlichkeit, daß man die Höhen beider Quecksilbersäulen gesondert ablesen muß, und folglich den sogenannten Barometerstand erst durch eine kleine Rechnung erhält. Obwohl dieser Mangel durch die Prüfungen, welche diese Einrichtung gestattet, und durch den Vorzug, den sie vor allen übrigen Constructionen besitzt, den Barometerstand unabhängig von der Capillarwirkung zu geben, wenigstens zum Theil aufgewogen wird, so haben sich die Mechaniker doch durch ihn veranlaßt gesehen, gewöhnlich eine andere Einrichtung auszuführen.

In seiner einfachsten Gestalt besteht das gewöhnliche Barometer aus einer an dem einen Ende zugeschmolzenen Glasröhre. Man gießt eine gewisse Menge Quecksilber hinein, und läßt dasselbe hinreichend lange sieden, damit alle Luft und alle den Wänden der Röhre mit sehr großer Kraft anhängende Feuchtigkeit gänzlich entfernt werde. Nachdem man die Röhre vollständig gefüllt hat, verschließt man sie mit dem Finger, kehrt sie um, und taucht sie in ein Gefäß von ziemlich beträchtlichem Durchmesser, das bis zu einer gewissen Höhe ebenfalls mit Quecksilber gefüllt ist. Man sieht nach den vorhin gegebenen Erläuterungen sogleich ein, daß das Quecksilber in der Röhre so hoch über dem Niveau des Quecksilbers in dem Gefäße stehen wird, daß die Säule desselben dem atmosphärischen Drucke das Gleichgewicht hält. Dieser Niveauunterschied wird auf einer mit Sorgfalt eingetheilten Skale abgelesen, die von dem obern Ende der Röhre bis zum untern Gefäße hinabreicht. Um noch genauer ablesen zu können, bringt man daran einen Nonius an, mittelst dessen man die unmittelbar auf dem Maaßstabe angebrachten Theilstriche noch in 10, 12 oder auch 100 Theile theilt.

Man begreift leicht, daß wenn ein solches Barometer die Höhe

der Quecksilbersäule, welche dem grade stattfindenden atmosphärischen Drucke das Gleichgewicht hält, mit Genauigkeit angeben soll, der Nullpunkt des Maaßstabes genau mit dem Niveau des Quecksilbers in dem Gefäße zusammenfallen muß. Diese Bedingung kann aber in aller Strenge nur für einen einzigen Druck erfüllt werden. Denn gesetzt, das Gewicht der Atmosphäre werde kleiner, so wird die ihm das Gleichgewicht haltende Quecksilbersäule ebenfalls kleiner werden; die dadurch aus der Röhre in das Gefäß übertretende Quecksilbermasse wird das Niveau in dem letztern erhöhen, so daß der Nullpunkt der Skale nicht mehr die anfängliche Lage besitzt. Dieser Fehler wird übrigens um so geringer ausfallen, je größer der Durchmesser des Gefäßes ist und je weniger die Aenderung des atmosphärischen Druckes beträgt. In einem festen Observatorium darf man also in aller Strenge die kleine Verrückung des Nullpunktes vernachlässigen, sobald das Gefäß des Barometers recht geräumig ist.

Allgemein bekannt ist, daß man bis zu Galilei's Zeit das Aufsteigen einer Flüssigkeit in einer luftleeren Röhre dem Abscheu der Natur vor dem Leeren zuschrieb. Es gibt keinen unbedeutenden Ingenieur oder Verfasser eines physikalischen Lehrbuchs, der uns nicht folgende Anekdote erzählte. Florentiner Brunnenmacher kamen, verwundert, das Wasser in einem leeren Raume nicht höher als 32 Fuß steigen zu sehen, um sich Raths zu holen, zum Galilei, der ihnen antwortete: „Was Euch in Erstaunen setzt, ist sehr einfach; die Natur hat einen Abscheu vor dem Leeren bis zur Höhe von 32 Fuß."

Die echten Verehrer des Genies Galilei's hielten diese Antwort für einen in heiterer Laune gemachten Scherz. Ich glaube, man darf weiter gehen und sie für untergeschoben erklären. Man findet in der That keine Spur davon in den wirklich von Galilei herrührenden Werken. Der älteste Schriftsteller, der sie erwähnt, ist Pascal in der Vorrede zu seiner Schrift über das Gleichgewicht der Flüssigkeiten. Dies wäre eine unverwerfliche Autorität, wenn Pascal sich für die Richtigkeit des dem Galilei zugeschriebenen Ausspruches verbürgt hätte; er führt denselben aber nur als einen angeblichen an. Nun aber hatte Niemand ein größeres Interesse, als der Verfasser der Lettres provinciales, anzuerkennen, daß die Biographieen geistvoller

Menschen sich nicht auf angebliche Vorfälle stützen dürfen. Wie dem auch sei, erst Torricelli, Galilei's Schüler, zeigte, daß die Höhe, auf welcher sich das Quecksilber in einer an dem obern Ende verschlossenen und mit dem untern offenen Ende in ein Gefäß mit Quecksilber eingetauchten Röhre hält, dem atmosphärischen Drucke das Gleichgewicht hält; Torricelli ist also der Erfinder des Barometers. Nach Pascal's Anweisungen beobachtete Perrier am 19. September 1648 den Stand des Barometers am Fuße und auf der Spitze des Puy de Dôme; es ergab sich daraus, daß das Quecksilber am Fuße des Berges in der Röhre höher stand als auf dem Gipfel, wie es auch sein muß, sobald man annimmt, daß die gehobene Quecksilbersäule dem Drucke der atmosphärischen Luft, deren oberhalb des Instrumentes gelegenen Schicht um so geringer wird, je höher man aufsteigt, das Gleichgewicht halte.

Nach dem berühmten Versuche auf dem Puy de Dôme ist klar, daß die Beobachtung des Barometers zu Höhenmessungen dienen kann, und daß es auf allen wissenschaftlichen Reisen ein unentbehrliches Instrument ist. Die tragbaren Instrumente, die man gebraucht, haben bekanntlich ziemlich enge Gefäße. Man muß deßhalb auf Mittel denken, die Niveauänderung in denselben in Rechnung ziehen zu können, und zwar um so mehr, als solche Barometer sehr oft an Orte gebracht werden, wo die Luftdrucke sehr von einander abweichen. Unter den verschiedenen Mitteln, zu denen die Mechaniker ihre Zuflucht genommen haben, ist eins der bequemsten das von Fortin angewandte, wobei der Nullpunkt durch eine sehr feine mit dem Maaßstabe fest verbundene Elfenbeinspitze angegeben wird. Bei dieser Einrichtung genügt es offenbar überall, um den eben erwähnten Fehler zu beseitigen, das Quecksilber im Gefäße vor der Beobachtung mit der Elfenbeinspitze in Berührung zu bringen, was man durch Heben oder Senken des beweglichen Bodens des Gefäßes mittelst einer passend angebrachten Schraube ausführt.

Seitdem das Barometer als Instrument für Höhenmessungen in Gebrauch gekommen ist, haben Physiker und Mechaniker dasselbe auf mannigfache Weise abgeändert, besonders in der Absicht, es tragbar zu machen.

Unter diesen Abänderungen muß meines Dafürhaltens diejenige

obenan gestellt werden, welche die Meteorologie Gay-Lussac verdankt. Das geringe Gewicht und Volumen seines sinnreich ausgedachten Barometers, die Bequemlichkeit und Genauigkeit, die es gestattet, sind mit Recht hoch geschätzt; in den Händen eines sorgfältigen und geübten Beobachters läßt dies Instrument Nichts zu wünschen übrig. Dasselbe ist bekanntlich ein Heberbarometer, dessen kurzer Schenkel in der Verlängerung des obern Theiles des langen in seiner Mitte seitlich gebogenen Schenkels liegt. Aus eigener Erfahrung muß ich indeß bekennen, daß durch gewisse plötzliche Erschütterungen Luftblasen in den langen Schenkel eintreten können, und daß das Instrument, wenn es beim Transporte zu Fuße, zu Pferde und vor Allem zu Wagen nahe horizontal läge, unzweifelhaft in Unordnung gerathen würde.

Diesen Mangel hat ein geschickter Künstler, Bunten, 1828 zu beseitigen gesucht; und es ist ihm dies auch gelungen, ohne daß er einen der schätzbaren Vorzüge des Gay-Lussac'schen Barometers zu opfern brauchte. Er hat dazu nur nöthig gehabt, in der langen Röhre eine gläserne Scheidewand anzubringen, von deren Mitte eine sehr enge Röhre von einer gewissen Länge senkrecht abwärts geht, durch welche das Quecksilber sowohl beim Steigen als beim Fallen fließen muß. Tritt jetzt nun eine Luftblase ein, so wird dieselbe, da sie den Wänden der langen Röhre folgt, an der Scheidewand aufgehalten und schadet der Beobachtung nicht. Sobald man das Instrument dann umkehrt, entweicht die Luftblase wieder von selbst.

Der eben besprochene Kunstgriff hat den hauptsächlichsten Uebelstand, den die Barometer Gay-Lussac's bei ihrem Gebrauche darboten, beseitigt, ohne die Zerbrechlichkeit derselben zu vermehren. Dies hat die Meteorologen aber nicht abhalten dürfen, diese Instrumente mit dem Namen ihres wahren Erfinders zu bezeichnen, weil die vorgeschlagenen Abänderungen die wesentlichen Eigenthümlichkeiten, welche sie von allen andern bekannten Barometern unterscheiden, nicht verändern.

Durch Barometerbeobachtungen am Bord der Schiffe ist jetzt sicher dargethan, daß es auf der weiten Fläche des Oceans sehr ausgedehnte Räume gibt, wo der Luftdruck geringer ist als in den umliegenden Gegenden. Können auch solche Unterschiede, die sicherlich auf die Meeresströmungen einen großen Einfluß ausüben, nicht in Zweifel gezogen

werden, so würden wir doch wegen der geringen Genauigkeit der angewandten Instrumente ihren eigentlichen Werth nicht auszumitteln vermögen. Noch ärmer sind wir in dieser Beziehung an Angaben über das Innere der Continente: ein Reisender verfehlt zwar bei seiner Abreise niemals, sich mit einem Barometer zu versehen; kaum hat er indeß einige Meilen in dem Lande, das er bereisen will, zurückgelegt, als auch schon das zerbrechliche Instrument entweder zerbrochen oder durch Eintritt von Luft in die Barometerröhre untauglich geworden ist. Eine neue Röhre zu füllen und auszukochen erscheint dann als das einzige Mittel zur Abhülfe; indeß ist eine solche Operation lang, mühselig, schwierig, und in manchen Ländern, wie z. B. im Innern von Afrika, vollkommen unausführbar. Mein Freund Boussingault hat mir erzählt, daß er auf seinen Reisen im Innern von Centralamerika, also in einem halb civilisirten Lande nicht weniger als vierzehn Barometer zerbrochen habe. Daher wäre sehr zu wünschen, daß man den Reisenden ein Instrument in die Hände geben könnte, dessen Angaben stets die gewünschte Sicherheit hätten, und das doch nicht den unvermeidlichen Wechselfällen jedes Zerbrechens ausgesetzt wäre. Ich habe geglaubt, man würde diesen beiden Bedingungen vollständig Genüge leisten können, wenn man das Gefäßbarometer ganz leer transportirte, es erst auf der Stelle, wo es gebraucht werden soll, füllte (was freilich nicht mehr als einige Minuten in Anspruch nehmen dürfte), und dann mittelst einer Aenderung der Größe des Raumes oberhalb des Quecksilbers im langen Schenkel (Barometerkammer) auf experimentellem Wege die Menge Luft ermittelte, welche das nicht ausgekochte Quecksilber dorthin hat entweichen lassen.

Diese so einfache und so annehmlich erscheinende Idee ist, wenn auch nicht auf den Observatorien, so doch wenigstens von Seiten der Künstler, welche die Reisenden mit den nöthigen Instrumenten zu versehen pflegen, ohne Anwendung geblieben. Vor Kurzem beabsichtigte ein sehr geschickter Mechaniker, Barometer zu construiren, welche der verlangten Bedingung Genüge leisten sollten. Herr Boussingault, dem er seine Absicht mittheilte, machte ihm bemerklich, daß ich dasselbe Verfahren bereits vor länger als 20 Jahren angegeben hätte, und daß nach diesem Principe ausgeführte Instrumente auf der pariser Stern-

watte existirten. Aber in Prioritätsangelegenheiten vermag Nichts die Veröffentlichung zu ersetzen; schon begann ich zu bedauern, daß ich meinen Vorschlag nicht durch den Druck veröffentlicht hatte, als mich Herr Boussingault darauf hinwies, daß der 33. Bd. der Annales de chimie et de physique in der meteorologischen Uebersicht des Jahres 1826 eine sehr ausführliche Anzeige meines Verfahrens enthält.

Folgendes ist der erwähnte Abschnitt: „Durch Anbringen einer geringen Modification an der Einrichtung der gewöhnlichen Barometer wird man sich von jetzt an gegen die Unordnungen schützen, in welche die Barometer sowohl beim Transporte, als auch durch ein allmäliches Eindringen der äußern Luft oder durch die Entwickelung der in dem Quecksilber möglicherweise enthaltenen Luft gerathen. Diese Modification, welche ganz einfach darin besteht, die Glasröhre beweglich zu machen, um die Barometerkammer nach Willkühr in bekannten Verhältnissen vergrößern und verkleinern zu können, wird, wenn ich mich nicht täusche, sogar gestatten, auf der Reise das Quecksilber ganz für sich zu verpacken und die Röhre erst in dem Augenblicke zu füllen, wo man den Versuch machen will, ohne daß es nöthig wird, die Flüssigkeit zum Sieden zu erhitzen. Denn man sieht leicht, daß wenn bei einem bestimmten Zustande der Barometerkammer eine Beobachtung gemacht, und unmittelbar darauf wiederholt wird, nachdem man den Rauminhalt dieser Kammer bis auf $^1/_{10}$ seiner ursprünglichen Größe vermindert hat, die kleine Quantität trockner Luft, die darin vorhanden sein kann, bei der zweiten Beobachtung gerade eine zehn Mal größere Wirkung ausüben muß als bei der ersten. Der neunte Theil des Unterschiedes beider beobachteten Höhen wird dann die Correction angeben, die man zur ersten hinzufügen muß, um daraus den Werth zu erhalten, wie ihn ein ganz von Luft befreites Barometer gegeben haben würde. Ich will keine weitern Details anführen, und bemerke nur, daß wenn das Verfahren, wie Alles hoffen läßt, gelingt, die Reisenden das Zerbrechen ihrer Barometer nicht mehr zu fürchten brauchen, weil sie das Quecksilber in einem Fläschchen aus Gußeisen mit sich nehmen, die Röhre selbst aus Schmiedeeisen herstellen, und den ganzen zerbrechlichen Theil des Instruments auf einen dicken Glascylinder von 3 bis 4 Zoll Länge reduciren können, der auf die eiserne Röhre erst im

Augenblicke der Beobachtung aufgeschraubt und nach Beendigung derselben in ein Etui, wie es für Thermometer dient, und das in die Tasche gesteckt werden kann, eingelegt wird."

Nach diesem Principe habe ich mehrere Barometer anfertigen lassen; das eine derselben, welches von Gambey, einem der geschicktesten Künstler, die Frankreich besessen hat, construirt war, ist im Jahre 1844 der Akademie der Wissenschaften vorgelegt worden. Ich sagte damals: „Das Barometer läßt sich leicht aufstellen und auch wieder auseinandernehmen; alle seine Theile sind in ein kleines Kästchen eingeschlossen; man hat kein Zerbrechen mehr zu fürchten, selbst wenn das Kästchen von der Höhe eines Pferdes herabfiele." Kupffer hat mehrere solche Instrumente für die russischen Beobachtungsstationen ausführen lassen; denn man begreift, daß die Möglichkeit, das Volumen der Barometerkammer abzuändern, eine wichtige Prüfung liefert, der man auch die Normalinstrumente der Stationen unterwerfen zu können wünschen muß.

Eine Aenderung im Drucke der Atmosphäre ist aber nicht die einzige Ursache, welche die Länge der Quecksilbersäule in der Barometerröhre abzuändern im Stande ist. Die Physiker haben gefunden, daß die Wärme alle Körper ausdehnt, während die Kälte sie zusammenzieht; daraus folgt, daß die Quecksilbermasse, welche durch ihr Gewicht dem Drucke der Atmosphäre das Gleichgewicht hält, in der Röhre einen um so größern Raum einnehmen wird, je höher ihre Temperatur ist. Die Beobachtungen des Barometers werden also nur dann unter einander vergleichbar sein, wenn man sie auf eine und dieselbe Temperatur zurückführt. Aus diesem Grunde bringt man in der Fassung des Barometers ein Thermometer an, dessen Kugel die Röhre berührt, und dessen Stand bei jeder Barometerbeobachtung abgelesen werden muß, wenn man eine große Genauigkeit erreichen will. Aus den Untersuchungen der Physiker geht hervor, daß die Länge einer Quecksilbersäule sich um den 5550sten Theil für jeden Grad Temperaturerhöhung (nach der hunderttheiligen Skale) ausdehnt. Bei den Berechnungen der Correctionen, um die beobachteten Barometerstände zu erhalten, wie sie an dem Instrumente bei einer Temperatur von 0° beobachtet sein würden, muß man auch die Ausdehnung der Skale von Messing,

Glas oder anderer Substanz, welche die Theilung in Millimeter oder Linien trägt, in Betracht ziehen. Uebrigens sind Tabellen berechnet worden, welche diese Correctionen mit großer Schnelligkeit auszuführen gestatten.

Es gibt endlich noch eine Fehlerquelle, gegen die man sich schützen muß; sie entsteht dadurch, daß die Capillarwirkung eine um so größere Erniedrigung der Quecksilbersäule erzeugt, je kleiner der Durchmesser der Röhre ist. In dieser Beziehung sind die weitesten Barometerröhren die besten. Versuche und Rechnungen, die wir berühmten Physikern und Mechanikern (unter denen ich Laplace und Gay-Lussac nennen will), verdanken, haben uns in den Stand gesetzt, Tafeln zu construiren, welche den Betrag der constanten Correctionen angeben, die man je nach dem innern Durchmesser der Röhre an die Barometerhöhen anzubringen hat. Wie derselbe aber auch beschaffen sein mag, stets muß man bei jeder Beobachtung nach der Kuppe des halbkugelförmigen Kugelabschnittes, den das Quecksilber bildet, visiren, und nicht wie Manche thun, nach der Basis dieser Halbkugel oder nach den Punkten, wo die Flüssigkeit beginnt, sich von der innern Wand der Röhre zu trennen.

Um von einer bestimmten Vorstellung auszugehen, wollen wir jetzt annehmen, daß der mittlere Barometerstand am Meere 760 Millimeter betrage; dann ist, wie ich auch schon angedeutet habe, klar, daß derselbe, wenn alle übrigen Umstände dieselben bleiben, continuirlich in dem Maaße abnehmen wird, als man sich in die Atmosphäre erhebt, weil das Quecksilber des Gefäßes um das ganze Gewicht der unterhalb befindlichen Schichten entlastet ist. Mehrfach von den geschicktesten Physikern wiederholte Versuche, die bis zu einer ungewöhnlichen Genauigkeit gediehen sind, haben gezeigt, daß das Gewicht der Luft bei der Temperatur von 0° und unter einem Drucke von 760 Millimeter sich zu dem Gewichte eines gleichen Volumens Quecksilber verhält wie 0,0012937 zu 13,5960 oder wie 1 : 10509, d. h. 10509 Kubikmillimeter Luft wiegen ebensoviel als ein Kubikmillimeter Quecksilber. Es folgt daraus, daß man sich um 10509 Millimeter oder um 10,509 Meter erheben muß, damit das Quecksilber in der Barometerröhre um 1 Millimeter sinke. Wäre die Dichtigkeit der Luft-

schichten überall dieselbe, so würde man mit Leichtigkeit aus der vorstehenden Angabe nicht nur die Höhe eines beliebigen Ortes, an welchem das Barometer beobachtet wurde, sondern auch die ganze Höhe der Atmosphäre ableiten; denn man sieht, daß, wenn ein Sinken des Barometerstandes um 1 Millimeter einer Erhebung in verticaler Richtung von 10,509 Meter entspricht, ein Sinken um 760^{mm}, d. h. um die ganze Höhe des Barometerstandes, 760 Mal 10,509^{m} oder 7986,84^{m} entsprechen würde. In der gemachten Voraussetzung würde dies die Höhe der Atmosphäre sein. Da die Luft eine compressible Flüssigkeit ist, so müssen ihre untern Schichten dichter sein als die obern, oder bei gleichem Volumen mehr wiegen; woraus folgt, daß man beim Steigen, um ein Sinken des Barometerstandes um 1^{mm} zu erhalten, in verticaler Richtung einen Raum zurücklegen muß, der um so viel größer ist als 10,509^{m}, in je dünnerer oder höher über der Merresfläche gelegenen Schicht man sich befindet. Man begreift also, daß die Höhe der Atmosphäre, welche wir aus der Hypothese einer gleichförmigen Dichtigkeit abgeleitet haben, nothwendig zu klein ist, was auch durch Beobachtungen anderer Art bestätigt wird.

Wäre die Atmosphäre unserer Erde unbegrenzt, so wäre uns ein vollkommenes Nachtdunkel etwas ganz Unbekanntes, denn das Sonnenlicht würde, indem es stets hinlänglich von der Erde entfernte Luftschichten erreichte, durch Reflexion von diesen Schichten zu uns zurückgeworfen werden. Andrerseits würde der Mangel einer Atmosphäre es offenbar herbeiführen, daß Abends die Nacht plötzlich und unmittelbar nach dem sichtbaren Sonnenuntergange hereinbräche; in derselben Weise würde auch Morgens der Tag in demselben Augenblicke plötzlich beginnen, wo man die Sonne aufgehen sähe. Nun ist aber Jedermann bekannt, daß durch Abenddämmerung und Morgenröthe diejenige Zeit verlängert wird, während welcher es hell ist. Daß die Beobachtung dieser Erscheinungen schon in sehr frühen Zeiten zu dem Gedanken leiten mußte, darauf eine Bestimmung der Höhe der Erdatmosphäre zu gründen, ist selbstverständlich.

Nehmen wir an, der Kreis vom Halbmesser OA in Fig. 246 stelle die Erde vor, und die Atmosphäre werde durch den Kreis CDEF begrenzt. Man sieht leicht, daß, wenn die Sonne unter den Horizont

AB des Ortes A hinabgesunken ist, sie nur noch einen Theil der Atmosphäre bescheint. Wenn also die Sonne in S steht, und man sich einen Kegel denkt, welcher die Erde berührt und die Sonne zum Scheitel hat, so wird der ganze Theil der Atmosphäre, welcher unterhalb SC liegt, dem in A befindlichen Beobachter nicht mehr beleuchtet erscheinen; nur den Theil CDEF sieht er noch erhellt. Späterhin, wenn die Sonne nach S′ fortgerückt ist, wird nur noch der Theil DEF beleuchtet sein; zu

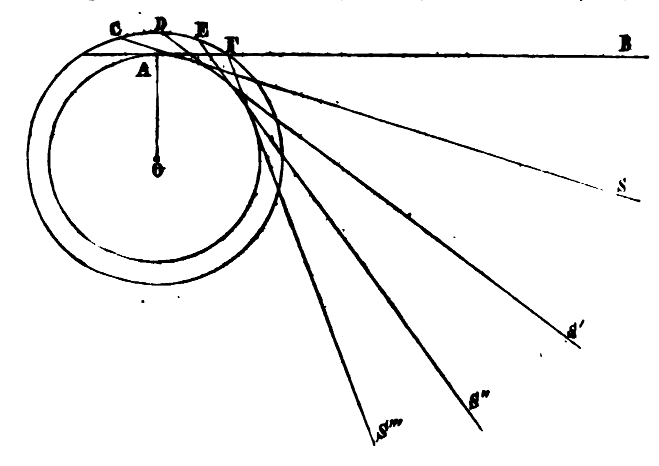


Fig. 246. — Bewegung der Dämmerungsgrenze.

einer noch spätern Zeit nur noch der Theil EF, und endlich, wenn die Sonne in S″ stehen wird, d. h. in derjenigen Fläche, welche durch den Durchschnittspunkt F des Horizontes AB mit der Grenzlinie der Atmosphäre, berührend an die Kugel gelegt ist, tritt das Ende der Dämmerung ein. Sobald also die Sonne untergegangen ist, muß man auf der gegenüberliegenden Seite des Himmels eine Art Bogen entstehen sehen, der höher und höher aufsteigt, den Zenithpunkt erreicht, hierauf wieder niedersteigt, um endlich am Horizonte zu verschwinden. In umgekehrter Reihenfolge müssen sich die Erscheinungen beim Morgenrothe darbieten. Diese Theorie hatten sich schon die ältesten Astronomen über die Dämmerungserscheinungen gebildet. In der Optik des Alhazen wird angegeben, daß der Tiefenwinkel der Sonne beim Aufhören der Abenddämmerung oder dem Beginn der Morgendämmerung 18 Grade

betrage, und an diesen durchschnittlichen Werth halten sich auch noch die heutigen Astronomen. Rothmann hatte zwar gefunden, die Dämmerung ende vollständig erst bei 24 Grad Tiefe der Sonne unter dem Horizonte; Nonius dagegen setzte diesen Winkel 16 Grad, Cassini 15; Riccioli fand für die Zeit der Nachtgleichen 16 Grad am Morgen und 20 Grad am Abend.

Selten erkennt man in unsern Himmelsstrichen deutlich jene Scheidelinie zwischen dem von der Sonne noch beschienenen Theile der Atmosphäre und demjenigen, welchen die Sonnenstrahlen nicht mehr erreichen können; Lacaille indessen, auf seiner Reise nach dem Cap der guten Hoffnung, vermochte alle Phasen, wie ich sie nach der Theorie soeben schilderte, deutlich zu erkennen. „Am 16. und 17. April 1751," sind seine Worte, „bei ruhigem Meere und einem so ungemein reinen und heitern Himmel, daß ich Venus noch am Meereshorizonte von der Größe eines Sternes zweiter Größe erkannte, sah ich das Dämmerungslicht so regelmäßig als möglich durch einen Kreisbogen begrenzt. Meine Uhr hatte ich nach wahrer Zeit bei Sonnenuntergange gestellt, und ich beobachtete, wann dieser Bogen den Horizont erreichte; aus dem Augenblicke dieser Beobachtung ergab die Rechnung, daß die Sonne damals am 16. April 16° 38′, und am 17. April 17° 13′ unter dem Horizonte stand."

Man sieht ohne Schwierigkeit ein, daß wenn der scheinbare Tagebogen, welchen die Sonne an einem bestimmten Tage durchläuft, und ebenso der Ort des Beobachters auf der Erde bekannt sind, aus der zwischen dem Sonnenuntergange und dem Verschwinden des Dämmerungsbogens verflossenen Zeit, sich der Winkel leicht berechnen läßt, den die Sonne unter dem Horizonte durchlaufen hat. Ebenso selbstverständlich ist es, daß man je nach den Jahreszeiten und den Orten eine verschiedene Dauer für Abend- und Morgendämmerung findet, da sowohl von der größeren oder geringeren Entfernung der Sonne, als auch von dem Zustande der Atmosphäre die Richtung und die Menge des Lichtes abhängt, welches nach mehrfachen Reflexionen und Refractionen in das Auge jedes Beobachters kommt. An welchem Tage für einen bestimmten Ort, und an welchem Punkte der Erde ist die Dauer der Dämmerung ein Maximum oder ein Minimum? Mit dieser

Probleme haben sich zahlreiche Geometer und Astronomen beschäftigt, unter denen die nennenswerthesten Johann Bernoulli, Euler, d'Alembert, Boscowich, Mauduit, Cagnoli und Delambre. Es kommt bei der Auflösung für jeden Beobachter sowohl die Ortsbreite, als die Declination der Sonne in Betracht. Für Paris tritt die kürzeste Dämmerung ein, wenn die Sonne 6° 10′ 50″ südliche Declination hat, d. h. alljährlich am 11. October und am 5. März; sie beträgt dann 1 Stunde 50 Minuten. Weil die Dämmerung erst dann endet, wenn die Sonne 18 Grad Tiefe unter dem Horizonte erreicht hat, so gibt es kein volles Nachtdunkel mehr, sobald die Sonne, infolge ihrer Stellung, während einer gewissen Zeit im Jahre, nicht mehr 18 Grade unter den Horizont hinabsteigt; zu Paris geschieht dies um die Zeit des Sonnenstillstandes.

Offenbar wirkt der von der Sonne direct beschienene Theil unserer Atmosphäre für denjenigen Theil derselben, welcher nicht direct von der Sonne beschienen wird, wie ein leuchtender Körper; dieser letztgenannte Theil erzeugt also nothwendig ein zweites Dämmerlicht, das seinerseits von den letzten Strahlen begrenzt wird, die der zuvor betrachtete Dämmerungsbogen noch zu senden vermag. Diese secundäre Beleuchtung muß beträchtlich schwächer sein, als die erste, kann jedoch ihrerseits eine dritte, noch schwächere Dämmerung hervorrufen, und in dieser Weise kann sich die Erscheinung ins Unbegrenzte vervielfältigen. Nur die Empfindlichkeit unseres Gesichtsorgans kann der Wahrnehmung der Erscheinung eine Grenze setzen. Ob die von Lacaille so genau beobachtete Curve sich auf den ersten oder den zweiten Dämmerungsbogen bezog, oder auf einen zwischenliegenden Theil, läßt sich gegenwärtig nicht ermitteln.

Die Zeit, während welcher die Sonne nach ihrem Untergange unter dem Horizonte eines Ortes A (Fig. 247) fortfährt einen Theil der am Orte A sichtbaren Atmosphäre zu bescheinen, hängt ab von der Höhe der die Erde umhüllenden Luftschichten. Denken wir uns nämlich eine Ebene gelegt durch den Ort A auf der Erde, durch den Mittelpunkt O der als sphärisch angenommenen Erde und durch den Mittelpunkt der Sonne, so wird diese Ebene die Erde in dem größten Kreise AO, und ihre Atmosphäre in dem Kreise OC schneiden. Sei ferner AB der

Durchschnitt des Horizonts des Ortes mit derselben Ebene, und sei durch den Punkt C, wo sich der Kreis OC und die Linie AB schneiden, die Tangente CD an die Erde gelegt. Von der in A sichtbaren Atmosphäre wird nun kein Theil länger von den Sonnenstrahlen beschienen werden, sobald das Gestirn in seinem scheinbaren täglichen Umlaufe bis CDS oder noch tiefer hinabgestiegen ist. Vorhin wurde aber schon angeführt, daß man aus der Dauer der Dämmerung geschlossen hat,

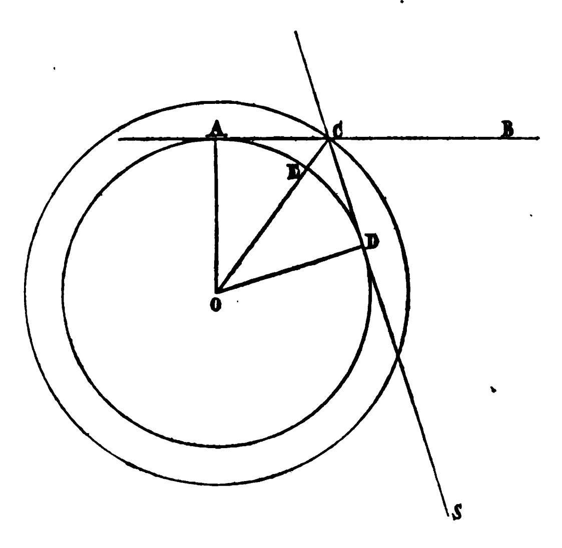


Fig. 247. — Messung der Höhe der Atmosphäre aus der beobachteten Dauer der Dämmerung.

sie höre auf, wenn der Tiefenwinkel BC Sunter dem Horizonte 18 Grade beträgt. Da nun die Winkel um einen Punkt auf derselben Seite einer Geraden (1. Buch, Kap. 8; 11 Bd. S. 21) zusammen 180 Grade ausmachen, so sieht man, daß der Winkel ACD = 180° — 18° = 162°. Die beiden Winkel ACO und DCO sind aber offenbar gleich; folglich hat man Winkel ACO = $^1/_2$ ACD = 81°. Nun ist Winkel OAC ein rechter; ferner OA der Erdhalbmesser; mithin kennt man eine Seite und die Winkel des Dreiecks OAC und kann darnach alle übrigen Stücke desselben berechnen. OC kann man also als bekannt

ansehen, und daraus folgt, daß der Unterschied zwischen OC und OE, d. h. CE die Höhe der Atmosphäre ergibt.

Dies ist die von Keppler ersonnene Methode, um aus den Dämmerungserscheinungen die Höhe unserer Atmosphäre herzuleiten. Indessen ist diese Methode in mehr als einem Punkte unzuverlässig. Lahire dachte zuerst an eine Verbesserung derselben, indem er in der Rechnung den Einfluß der Refraction berücksichtigte, welche die Atmosphäre auf die Linie CDS ausübt. Ich kann aber die Bemerkung nicht unterdrücken, daß alle bisher erhaltenen Bestimmungen der Höhe der Atmosphäre, die sich auf die Dauer der Dämmerung gründen, von der Voraussetzung ausgehen, daß die von der Sonne kommenden Strahlen, welche die Grenze der Dämmerung bezeichnen, nur eine einmalige Reflexion erlitten haben; man setzt stets voraus, das Sonnenlicht werde durch zweimalige Reflexion von den Luftschichten allzu sehr geschwächt, um noch einen wahrnehmbaren Schimmer hervorzubringen. Diese Grundlagen für die Rechnung sind aber heute nicht mehr zulässig. Durch Polarisationsversuche ist nämlich nachgewiesen worden, daß zu dem zerstreuten Sonnenlichte in der Atmosphäre die mehrfachen Reflexionen sehr erheblich beitragen, und daß mehrfach reflectirte Strahlen nach jeder Richtung hin, in dem zum Auge kommenden Gesammtbüschel in merklichem Grade vorhanden sind. Uebrigens leuchtet es ein, daß wenn man diesen neuen Umstand mit in die Rechnung einführt, die Höhe der Atmosphäre kleiner würde gefunden werden, als nach der älteren Methode, welche 60000 Meter oder 7½ geograph. Meilen als größte Höhe der unsern Planeten umgebenden Luftschicht ergeben hatte.

Bereits oben haben wir gefunden (S. 144), daß aus der mittleren Barometerhöhe im Meeresniveau die Höhe der Atmosphäre nur zu 8000 Meter oder etwa 1 geograph. Meile folgen würde, vorausgesetzt daß die Dichtigkeit der Luft nicht in größeren Höhen von der Erdoberfläche abnähme, — eine Voraussetzung die freilich ganz unstatthaft ist. Man kann also gegenwärtig behaupten, die Höhe unserer Atmosphäre betrage zwischen 1 und 7½ geogr. Meilen. Aus einer Untersuchung der Beobachtungen über Temperatur und Luftdruck welche sowohl die Herren von Humboldt und Boussingault beim Ersteigen hoher Berggipfel, als auch Gay-Lussac auf seiner bei ruhigem Wetter unternommenen Luft-

fahrt angestellt hatten, fand Biot, daß die Höhe der uns umgebenden Luft keinenfalls 48000 Meter oder 6 Meilen übersteige. Vergleicht man diese Zahl mit der für den Erdhalbmesser angeführten (Kap. 1, S. 3), so erkennt man, daß die Höhe der Atmosphäre nur der 132ste Theil dieses Halbmessers ist, d. h. daß wenn man die Erde durch eine Kugel von 10 Meter Durchmesser vorstellte, die Atmosphäre auf dieser Kugel nicht mehr als 38 Millimeter betragen würde.

Dennoch spielt die Atmosphäre, trotz ihrer geringen Höhe, eine wichtige Rolle bei allen astronomischen Beobachtungen; denn man erkennt leicht, daß die Luft in dem Sinne auf das hindurchgehende Licht wirkt, daß dasselbe von seinem ursprünglichen Wege abgelenkt wird. Dies ist der Grund, weßhalb man nicht dieselbe Polardistanz für einen Stern findet, wenn man ihn in der Nähe des Zeniths, oder nahe beim Horizonte betrachtet; in letzterem Falle ist die aus der Beobachtung folgende Polardistanz kleiner, als im ersteren. An einer früheren Stelle habe ich erwähnt (3. Buch, Kap. 4; Bd. 11. S. 73), daß schon Ptolemäus in seiner Optik der Beugung gedenkt, welche das Licht der Sterne beim Durchgange durch die Erdatmosphäre erleidet.

Die Refraction ist verschieden in ihrer Stärke, je nach der Natur der lichtbrechenden Körper; wie groß ist sie für die verschiedenen Luftzustände? Die genaue Messung der brechenden Kraft der Luft durch directe Versuche ist mit vielen Schwierigkeiten verknüpft; deßhalb haben es die Geometer und Astronomen lange Zeit hindurch vorgezogen, sie aus zahlreichen Beobachtungen der scheinbaren Höhen der Gestirne durch Vergleichung mit den wahren Oertern derselben herzuleiten. Indessen hat Hawksbee in England, auf Newton's Veranlassung, einige Versuche über diese Frage angestellt, indem er einen entfernten Gegenstand durch ein Prisma betrachtete, das abwechselnd luftleer und mit Luft gefüllt war, und die Entfernung der scheinbaren Stellungen des Objectes in beiden Fällen maß. Offenbar ergibt diese Entfernung die Ablenkung, welche der Lichtstrahl erleidet; da indessen das von Hawksbee bei diesen Versuchen angewandte Prisma nur einen sehr kleinen brechenden Winkel hatte, so ergab sich gleichfalls nur eine sehr geringe Brechung. Ueberdies ließen sich die Unterschiede in der Höhe des Objectes nicht mit sehr großer Genauigkeit messen; ebensowenig verstand

maß in jener Zeit, wo Thermometer und Barometer noch nicht in Gebrauch waren, Aenderungen der Temperatur und des Luftdruckes in Rechnung zu ziehen. So kam es, daß die brechende Kraft der Luft nicht hinreichend genau bestimmt wurde, um von dem Resultate bei den astronomischen Beobachtungen Anwendung machen zu können; dies Eine nur ging aus Hawksbee's Versuchen hervor, daß die brechende Kraft der Luft nahezu der Dichtigkeit derselben proportional ist. Erst Borda nahm die Frage wieder auf, und benutzte bei seiner Auflösung die vervollkommneten Methoden, welche die Wissenschaft seit Newton's Tode kennen gelehrt hatte; aber er starb vor der Vollendung seiner Versuche, und es ist sogar von den Resultaten, zu denen er gekommen sein mußte, Nichts aufgefunden worden. Herrn Biot und mir war es vergönnt, diese Arbeit durchzuführen, wobei wir unsere Untersuchungen auf eine beträchtliche Anzahl von Gasen und Dämpfen ausgedehnt haben. Wir wandten hierbei das Borda'sche Prisma an, dessen brechender Winkel ungewöhnlich groß ist. Es ergab sich aus unsern Versuchen derselbe Coefficient, den Delambre hergeleitet hatte aus einer großen Anzahl Piazzi'scher Höhenbeobachtungen und aus mehreren Hunderten von Sonenbeobachtungen, die er selbst zwischen den Zenithdistanzen von 70° bis 90° 20′ zu Bourges beobachtet hatte. Infolge dieser Uebereinstimmung und Bestätigung haben die Astronomen großes Vertrauen gefaßt zu den Refractionstafeln, die auf den von Laplace im 4. Bande der Mécanique céleste entwickelten Formeln beruhen, bei welchen Laplace von der Voraussetzung einer gleichförmigen Anordnung der verschiedenen übereinander liegenden Luftschichten ausgegangen war, und zu welchen nur noch der auf die brechende Kraft der Luft bezügliche Coefficient bestimmt werden mußte. Diese brechende Kraft ist allerdings nur unter der Annahme ermittelt worden, daß die atmosphärische Luft ausschließlich aus Sauerstoff und Stickstoff bestehe. Es ist aber bekannt, daß wenn auch das Verhältniß dieser beiden Gase zu einander jederzeit, für jeden Ort der Erde und in jeder Höhe unverändert bleibt, nämlich 79,10 für den Stickstoff und 20,90 für den Sauerstoff, die Atmosphäre außerdem noch 4 bis 6 Zehntausendtel Kohlensäure und eine fortwährend veränderliche Menge Wasserdunst enthält. Biot's und meine Versuche zeigen jedoch, daß die brechende Kraft des

Wasserdampfes so wenig von der der eigentlichen Luft abweicht, daß man im Allgemeinen die Correction vernachlässigen kann, die vom hygrometrischen Zustande der Atmosphäre im Augenblicke der Beobachtung abhängt. Nur die Lufttemperatur und den barometrischen Druck hat man zu berücksichtigen. In der Connaissance des temps findet man zu diesem Behufe sehr bequeme Tafeln, welche Caillet nach den Laplace'schen Formeln berechnet hat. Ich entlehne aus diesen Tafeln die Refractionen für die mittlere Barometerhöhe von 760 Millimeter und für die Temperatur von 10 Centesimalgraden; setze indessen nur die Werthe für die vollen Grade der Zenithdistanzen hierher. Meine Absicht ist nämlich nur, auf die Wichtigkeit dieser Erscheinung hinzuweisen, und ich übergehe die Erörterung derjenigen Correctionen, welche an die Tafelwerthe wegen der Aenderungen der Temperatur und des Luftdrucks noch anzubringen sind; es mag genügen, dieser Verbesserungen, welche nur bei sehr genauen Beobachtungen in Betracht zu ziehen sind, hier gedacht zu haben.

Es werde hier noch bemerkt, daß die Refractionen natürlich verschieden sind, je nach der größern oder geringern Höhe über dem mittleren Meeresniveau, in der man beobachtet; sie nehmen ab mit zunehmender Höhe des Beobachtungsortes, im Widerspruche mit derjenigen Hypothese, auf welche Dominicus Cassini seine Refractionstafeln gegründet hatte, und die in der Annahme einer unveränderlichen Dichtigkeit der Atmosphäre bestand.

In den Aenderungen der Dichtigkeit der Atmosphäre, insofern sie von Temperaturschwankungen herrühren, findet gewiß nicht in allen Fällen unveränderte Proportionalität durch den ganzen Raum der Atmosphäre über einem gegebenen Orte statt: woraus dann gefolgert werden muß, daß es nicht immer ausreichen kann, die Correction nach der bloßen Thermometer- und Barometer-Beobachtung anzubringen, welche man in der untersten, die Erde berührenden Schicht erhält; aber glücklicherweise ist der aus dieser Ursache herrührende Fehler gänzlich bedeutungslos, so lange man nicht in größern Abständen vom Zenith, als 75 Grad beobachtet.

Refractionstafel.

Abstände vom Zenith.	Refractionen.	Abstände vom Zenith.	Refractionen.	Abstände vom Zenith.	Refractionen.
90°	33′ 47″ 9	59°	1′ 36″ 8	29°	0′ 32″ 3
89	23 22 3	58	1 33 1	28	0 31 0
88	18 23 1	57	1 29 6	27	0 29 7
87	14 28 7	56	1 26 3	26	0 28 4
86	11 48 8	55	1 23 1	25	0 27 2
85	9 54 8	54	1 20 1	24	0 26 0
84	8 30 3	53	1 17 2	23	0 24 8
83	7 25 6	52	1 14 5	22	0 23 6
82	6 34 7	51	1 11 9	21	0 22 4
81	5 53 7	50	1 9 4	20	0 21 2
80	5 20 0	49	1 7 0	19	0 20 1
79	4 51 9	48	1 4 7	18	0 18 9
78	4 28 1	47	1 2 5	17	0 17 8
77	4 7 7	46	1 0 3	16	0 16 7
76	3 50 0	45	0 58 3	15	0 15 6
75	3 34 5	44	0 56 3	14	0 14 5
74	3 20 8	43	0 54 3	13	0 13 5
73	3 8 6	42	0 52 5	12	0 12 4
72	2 57 7	41	0 50 7	11	0 11 3
71	2 47 8	40	0 48 9	10	0 10 3
70	2 38 9	39	0 47 2	9	0 9 2
69	2 30 8	38	0 45 5	8	0 8 2
68	2 23 4	37	0 43 9	7	0 7 2
67	2 16 6	36	0 42 3	6	0 6 1
66	2 10 3	35	0 40 8	5	0 5 1
65	2 4 4	34	0 39 3	4	0 4 1
64	1 59 0	33	0 37 9	3	0 3 1
63	1 54 0	32	0 36 4	2	0 2 0
62	1 49 3	31	0 35 0	1	0 1 0
61	1 44 8	30	0 33 7	0	0 0 0
60	1 40 7				

Es wird kaum der Bemerkung bedürfen, daß von den in obiger Tafel angesetzten Refractionen jede zu der beistehenden Zenithdistanz, wie sie die Beobachtung unmittelbar ergibt, hinzugelegt werden muß. Denken wir uns nämlich eine Ebene gelegt durch einen Stern E und durch den Erdmittelpunkt O (Fig. 248, S. 154), welche die

Erde und die verschiedenen atmosphärischen Schichten in Kreisen von den Halbmessern OM, OF, OD u. s. w. schneidet. Fällt ein von diesem Sterne kommender Lichtstrahl EA auf die oberste Schicht der Atmosphäre, so wird er sich, statt in gerader Linie weiter zu gehen, dem auf der Berührungsebene senkrechten Halbmesser OA nähern, und die Richtung AB annehmen. In dieser Richtung nun wird der ursprüngliche Strahl die unmittelbar darauf folgende atmosphärische Schicht

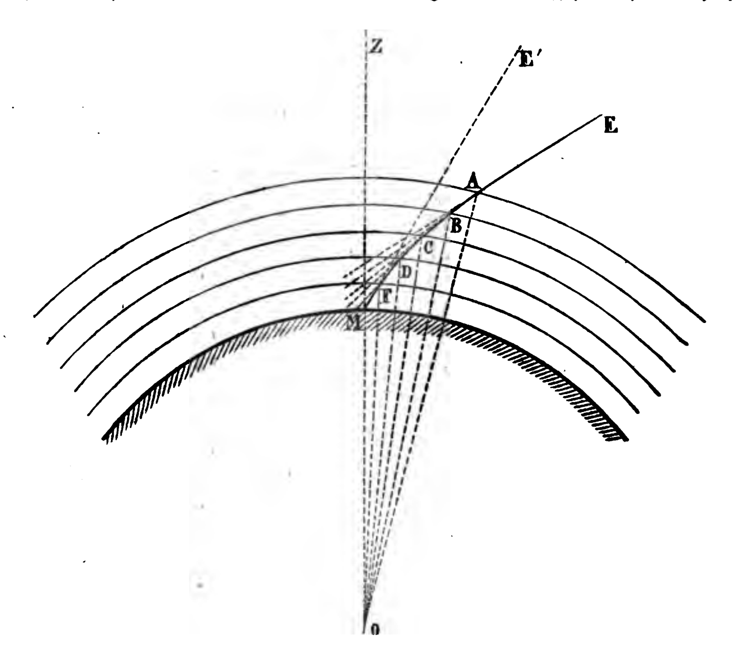


Fig. 248. — Die astronomischen Refractionen.

treffen, und sich abermals dem Halbmesser OB nähern, dadurch eine neue Richtung BC annehmen u. s. w. Hieraus folgt, daß der vom Sterne kommende Lichtstrahl in Wirklichkeit bei seinem Durchgange durch die Atmosphäre eine krumme Linie ABCDF ... M beschreiben, und das Auge des Beobachters an der Erdoberfläche in M treffen wird. Das Auge aber versetzt die Objecte stets auf die gerade Linie, welche am letzten Elemente der durchlaufenen krummen Linie eine Tangente

bildet. Demnach wird der Beobachter den Stern E in die Gerade ME' versetzen, und es wird die Zenithdistanz ZME folglich um den Winkel zu klein sein, welchen der Lichtstrahl EA mit der Geraden ME' einschließt; diesen Winkel nennt man die Refraction, und man findet ihn in vorstehender Tafel für einen bestimmten Luftdruck und eine bestimmte Temperatur angesetzt. Erscheint ein Himmelskörper z. B. in 90° Zenithdistanz, d. h. am Horizonte, so steht er in der That schon 33'47"9 unterhalb des Horizonts.

Ich sehe hierbei, um es zu wiederholen, gänzlich ab von der Correction, welche an diese Zahl nothwendig angebracht werden müßte, sobald Temperatur und Druck der Atmosphäre von 10° und von 760 Millimetern verschieden wäre. Diese Correction ist bei Weitem noch nicht hinlänglich bekannt, besonders was die großen Zenithdistanzen betrifft, und auch in solchen Fällen, wo man bei plötzlichen Aufheiterungen des Himmels beobachtet, nachdem der Himmel vorher mit Wolken bedeckt gewesen war, die möglicherweise eine regelmäßige Vertheilung der Temperatur, wie sie die übliche Theorie der Refraction doch voraussetzt, in erheblicher Weise gestört haben.

Funfzehntes Kapitel.

Ueber die Höhe der Continente und einiger bewohnten Orte, sowie der bemerkenswerthesten Berggipfel der Erde über der Meeresfläche.

§ 1. Bestimmung der Höhen.

Zu allen Zeiten ist der Wunsch rege gewesen, zu wissen, welches der höchste Gipfel in jeder Bergkette, welches der höchste Berg in jedem Lande, in jedem Continente auf der ganzen Erde sei. Astronomische Beobachtungen haben es selbst möglich gemacht, diese Untersuchung auch auf den Mond, den Merkur und die Venus auszudehnen.

Durch mächtige Fernröhre hat man in den letzten Zeiten diese drei Gestirne so sorgfältig beobachtet, daß es schwer scheint, zu der in der Höhenbestimmung der ungeheuren Berge, womit ihre Ober-

fläche bedeckt ist, bereits erlangten Genauigkeit noch etwas hinzuzufügen. Die Hervorragungen auf der Erde sind gleichfalls Gegenstand emsiger Untersuchungen gewesen. Die Anzahl von Punkten, deren Erhebung über das Niveau des Meeres unwiderruflich festgestellt worden, ist sehr beträchtlich, aber nichtsdestoweniger würde es, ganz abgesehen von den Gegenden, wohin die Geographen noch nicht gedrungen sind, doch schwierig sein mit Gewißheit zu sagen, ob man im Himalaya, im Kaukasus, in den amerikanischen Cordilleren und sogar in einigen Bergketten Europas wirklich schon die höchsten Punkte gemessen hat. Der Grund liegt nicht darin, daß der Reisende nicht an jedem Orte seine Aufmerksamkeit auf die Gipfel gerichtet hätte, welche ihm am höchsten erscheinen; aber unglücklicherweise ist in diesem Falle der Schein sehr oft trügerisch, und Nichts würde eine wirkliche Messung ersetzen können. Die mehr oder weniger isolirte Lage eines Berges, die Neigung seines Abhangs, seine Entfernung und Form, die Gestaltung und Höhe des umliegenden Terrains, und endlich die Beschaffenheit der Atmosphäre sind ebensoviele Ursachen zu Täuschungen, von denen auch der geübteste Beobachter sich nicht würde frei halten können, und die nur vor dem Barometer und den geodätischen Meßinstrumenten verschwinden. Bedürfte es Beispiele zur Stütze der vorstehenden Aussprüche, so würde daran kein Mangel sein; ich könnte anführen, daß noch im Anfange des 18. Jahrhunderts (vergl. die Geographie des Varenius, in der Ausgabe von Newton) der Pic von Teneriffa für den höchsten Berg der Erde galt, obschon die Schweizeralpen Gipfel enthalten, die ihn fast um $1/3$ übertreffen, obschon Tausende von Reisenden, die aus Peru zurückkehrten, die große Cordillere der Anden gesehen, und selbst volkreiche Städte besucht hatten, die auf Plateaux, höher als der Pic, angelegt sind. Ebenso könnte ich daran erinnern, daß die Pyrenäen von gelehrten, mit großen Instrumenten ausgerüsteten Akademikern durchwandert waren, daß man aber dessenungeachtet noch den Canigou für den höchsten Berg der Kette hielt, während wir jetzt nicht nur wissen, daß der Malahite, der Mont Perdu, der Cylinder u. a. ihn um 600 Meter übertreffen, sondern auch nach den neuen Beobachtungen von Coraboeuf in Erfahrung gebracht haben, daß in geringer Entfernung von jenem Berge noch innerhalb des De-

partements der Ost-Pyrenäen beinahe um 140 Meter höhere Gipfel existiren u. s. w. Man muß sich daher nicht wundern, wenn manche Bergspitzen von dem Range, den man ihnen angewiesen hat, herabsteigen. Selbst der Montblanc, der solange den ersten Rang in den europäischen Gebirgssystemen einnimmt, hätte denselben fast infolge einer unvollkommenen Messung des Monte Rosa verloren. In unsern Tagen ist die Reihe an den Chimborazo gekommen; dieser Berg, so berühmt durch die Arbeiten Bouguer's, La Condamine's und besonders A. von Humboldt's, ist nicht, wie viele Jahre angenommen wurde, der höchste Berg der Erde, wie die Messungen am Himalaya gezeigt haben, ja er ist selbst bei weitem nicht der höchste Gipfel der Cordilleren, wie Pentland auf seiner sehr interessanten Reise gefunden hat.

Die Figur 249, S. 158, die ich meinem berühmten Freunde A. von Humboldt entlehne, der 1825 den ersten Entwurf derselben veröffentlichte, liefert eine genaue Darstellung der relativen Höhen der höchsten Gipfel und der mittleren Kammhöhen der Gebirgsketten in Europa, Amerika und Asien. Ich füge die Erläuterungen hinzu, die mein Freund über diese höchst interessante Darstellung gibt. „Ramond," sagt derselbe, „hat zuerst und zwar zu einer Zeit, wo nur wenige Paßhöhen in den Alpen gemessen waren, darauf aufmerksam gemacht, daß trotz des großen Unterschiedes in den Höhen des Montblanc und des Methou, doch die mittlere Kammhöhe der Alpen niedriger ist als die der Pyrenäen. Je mehr man sich mit der wahren Gestaltung einiger sehr hohen Ketten, wie der Alpen, Pyrenäen, des Himalaya, des Kaukasus, der Cordilleren in Mexico und dem südlichen Amerika vertraut macht, desto besser erkennt man, daß die allgemeine Richtung der Ketten oft von der durch ihre höchsten Punkte gelegten Linie abweicht. Diese Punkte, die gewöhnlich jüngern Ursprungs und durch eine Hebung entstanden sind, die später als die der Kette eintrat, liegen meistentheils außer den Kammlinien. Im Himalaya z. B. schneidet an diesem Punkte die Verbindungslinie der Gipfel die allgemeine Axe der Kette fast rechtwinklig. Aus diesem Grunde sind die Gipfel, welche den Himmel zu bedrohen scheinen und das Interesse aller Völker so lebhaft in Anspruch nehmen, ein minder wichtiges Phänomen als die Kammlinie, in den Gegenen, wo man diese Wirkung der

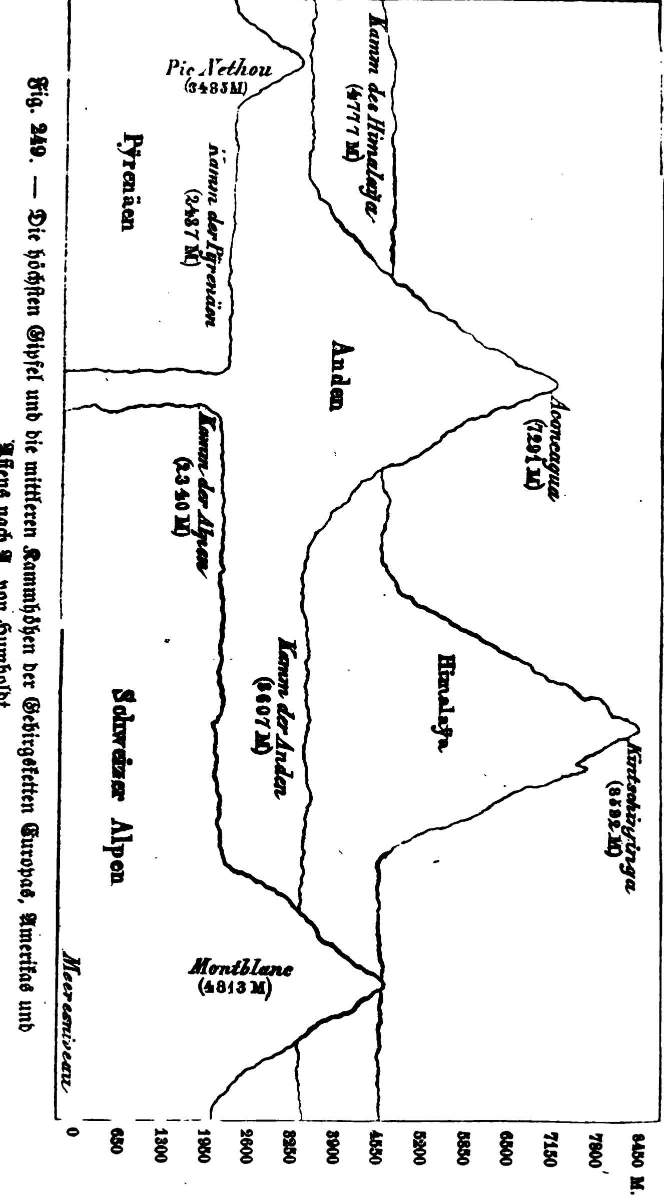


Fig. 249. — Die höchsten Gipfel und die mittleren Kammhöhen der Gebirgsketten Europas, Amerikas und Asiens nach A. von Humboldt.

Erhebung an den frühesten Verwerfungen unseres Planeten mit Genauigkeit bestimmen kann."

Für geodätische und geologische Forschungen ist grade im Gegensatze zu der gewöhnlichen Ansicht die mittlere Höhe der Länder über dem Meeresspiegel viel interessanter als die der höchsten Gipfel. Wenn ich nachher eine Zusammenstellung der Höhen der Hauptgebirge in den verschiedenen Theilen unseres Erdkörpers geben werde, so wird mir dies die Veranlassung bieten müssen, auch eine Uebersicht über die allgemeine Erhebung jedes Continentes über die Meeresfläche mitzutheilen. Einen großen Theil der in dem Folgenden anzuführenden Data werde ich den zahlreichen Arbeiten, welche A. von Humboldt seit 1805 über diesen Gegenstand veröffentlicht hat, entlehnen.

Bevor ich aber weiter gehe, muß ich dem Leser eine klare Vorstellung davon geben, wie man dahin gelangt, mit Genauigkeit die Erhebung eines Ortes über den andern zu messen. Allgemein werden alle Höhen auf das Niveau des Meeres bezogen. Man hat nun zwei Methoden Höhen zu messen; die eine, die hypsometrische genannt, besteht darin, daß man eine horizontale Grundlinie mißt, und von jedem ihrer Endpunkte die Winkel bestimmt, welche die nach dem Punkte, dessen Höhe ausgemittelt werden soll, gezogenen Gesichtslinien mit jener Grundlinie und dem Horizonte machen. Die zweite Methode gründet sich auf die Anwendung des Barometers.

Sobald in der hypsometrischen Methode die Grundlinie mit Genauigkeit gemessen (und wir werden sehen, wie man hiezu gelangt, wenn wir das Triangulationsverfahren erläutern werden, das zur Messung der Länge eines Meridiangrades dient), und ebenso die beiden Winkel bestimmt sind, welche die beiden von den Endpunkten dieser Grundlinie z. B. nach dem Gipfel eines Berges gezogenen Gesichtslinien mit derselben bilden, kann man die Längen dieser Gesichtslinien berechnen. Die erhaltenen Längen sind die Hypothenusen zweier rechtwinkligen Dreiecke, in welchen die Höhe des Berges über der Grundlinie die eine Kathete bildet, und außerdem noch der Winkel zwischen der Gesichtslinie und dem Horizonte durch Messung bekannt ist. Die Berechnung dieser rechtwinkligen Dreiecke gibt die gesuchten Höhen in der Weise, daß sie zugleich eine Prüfung der Genauigkeit der ausgeführten Operationen liefert.

Halley hat zuerst eine Formel aufzustellen gesucht, mittelst welcher man die Höhen der Berge aus Barometerbeobachtungen herleiten könnte. Eine große Zahl von Mathematikern, Physikern und Meteorologen, unter denen ich Laplace, Deluc, Shuckburgh, Roi, Ramond, Bouguer, Daubuisson, Oltmanns, Delcros nennen will, haben sich bemüht, dieses Verfahren zu vervollkommnen und die dazu erforderlichen Rechnungen abzukürzen.

Bekanntlich hat Mariotte gefunden, daß die Luft unter Voraussetzung einer constanten Temperatur sich proportional mit den Gewichten, welche auf ihr lasten, oder den Drucken, denen sie ausgesetzt ist, zusammenzieht; woraus durch sehr einfache Rechnung folgt, daß wenn man sich vertical in der Atmosphäre zu übereinander liegenden Punkten erhebt, deren Höhen in arithmetischer Proportion zunehmen, die Dichtigkeiten der ihnen entsprechenden Luftschichten in geometrischer Proportion abnehmen. Da nun die Dichtigkeiten den Längen der Quecksilbersäulen im Barometer proportional sind, so folgt daraus, daß der Niveauunterschied zweier Orte der Differenz der Logarithmen der Barometerstände an denselben proportional sein wird.

Man sieht hiernach, daß die Höhenberechnung nicht eben viel verwickelter werden würde, wenn die Temperatur der Luftschichten überall dieselbe wäre, als wenn wir, wie auf S. 144, die Voraussetzung einer constanten Dichtigkeit machen; in Wirklichkeit wird es aber in der Atmosphäre um so kälter, je höher man sich über den Meeresspiegel erhebt: das wahre Gesetz über die Abnahme der Dichtigkeiten wird folglich nicht so einfach sein als das unter der Voraussetzung einer gleichartigen Temperatur abgeleitete, weil die obern Luftschichten durch die Kälte stärker verdichtet werden, als die untern. Thermometerbeobachtungen, die gleichzeitig auf hohen Bergen und in den benachbarten Ebenen, oder noch besser während Luftfahrten angestellt wurden, haben gezeigt, daß ohne merklichen Fehler die Annahme gestattet ist, daß bei ruhigem Wetter die Temperatur der Luft in einer verticalen Säule sich gleichmäßig ändert, so daß das Mittel aus den Temperaturen der beiden Enden als die mittlere Temperatur der ganzen Säule betrachtet werden kann; wonach es leicht sein wird, bei der Berechnung der Dichtigkeit der übereinander liegenden Luftschichten den Einfluß der verschie-

denen Erwärmung in Betracht zu ziehen, weil die Physiker durch directe Versuche die Größe bestimmt haben, um welche sich die Luft für jeden Temperaturgrad der hunderttheiligen Skale ausdehnt. Bis jetzt ist man noch nicht dahin gelangt, bei den zur Messung der Berghöhen dienenden Methoden auf die Anzeigen des Hygrometers Rücksicht zu nehmen; indeß ist es möglich, dem Einflusse des Wasserdampfes bis auf einen gewissen Punkt Rechnung zu tragen, wenn man nach dem Vorgange von Laplace den Ausdehnungscoefficienten, der sich nur auf trockene Luft bezieht, etwas vergrößert[23]).

Die Temperaturverschiedenheit ist indeß nicht die einzige Ursache, aus welcher die Dichtigkeit der übereinander liegenden Luftschichten von dem Gesetze abweicht, das aus der von Mariotte über die Zusammendrückbarkeit der Luft aufgestellten Regel folgen würde; denn wir werden sehen, daß das Gewicht eines beliebigen Körpers und folglich auch das einer Luftschicht um so geringer ist, je weiter der Körper sich vom Mittelpunkte der Erde entfernt. Da außerdem auch die Schwere durch die aus der täglichen Umdrehungsbewegung der Erde entstehende Centrifugalkraft je nach der geographischen Breite geändert wird, so ist klar, daß wenn eine und dieselbe mathematische Formel zur Berechnung der an verschiedenen Orten der Erdoberfläche gemachten Beobachtungen dienen soll, sie alsdann nothwendig die geographische Breite des Beobachtungsortes als veränderliches Element enthalten muß.

Alle genannten Ursachen üben also auf die Dichtigkeit der verschiedenen Schichten unserer Erde ihren Einfluß aus. Laplace hat in der Mécanique céleste die Correctionen, welche durch dieselben bei der Messung der Höhen nöthig werden, aus ihrem wahren Gesichtspunkte aufgestellt, und dadurch aus der bloßen Theorie eine Formel hergeleitet, welche die Physiker sich beeilt haben anzunehmen, und deren Genauigkeit durch zahlreiche Beobachtungen bewiesen worden ist.

Da die Theorie allein den unsterblichen Verfasser der Mécanique céleste zu der Formel geführt hat, welche die Höhe eines Ortes als Function des Barometerstandes darstellt, so muß diese Formel nothwendig einen Coefficienten enthalten, der nur durch Versuche bestimmt werden kann, und von der Beschaffenheit der zur Construction des Barometers benutzten Flüssigkeit abhängt. Dieser Coefficient ist auf

zweierlei Weise bestimmt worden. Nach der ersten, welche ihn am directesten gibt und von Halley bei seiner unvollständigen Formel angewendet wurde, leitet man denselben aus dem Verhältnisse des Gewichtes der Luft und des Quecksilbers her. Die zweite, zuerst von Bouguer angewandte, besteht darin, den analytischen Ausdruck einer durch die Formel berechneten Höhe dem geometrisch gemessenen Werthe derselben Höhe gleichzusetzen, und aus dieser Gleichung dann den unbestimmten Coefficienten zu bestimmen. Auf letzterem Wege haben Deluc, Shuckburgh und Roi die Coefficienten ihrer verschiedenen Formeln gefunden, und durch ein ähnliches auf die Beobachtungen auf dem Pic du Midi angewandtes Verfahren hat Ramond den von Laplace angenommenen Coefficienten hergeleitet, dessen Werth übrigens sehr wenig von dem abweicht, welchen die neuesten Untersuchungen über die specifischen Gewichte des Quecksilbers und der Luft gegeben haben. Daubuisson hat während seiner Reise in den Alpen die vortheilhafte Stellung auf dem Monte Gregorio benutzt, um diesen Coefficienten einer neuen Prüfung zu unterwerfen, und aus seinen Untersuchungen muß man schließen, daß die kleinen Fehler, womit dieser Coefficient behaftet sein kann, geringer sind als diejenigen, welche Modificationen der atmosphärischen Zustände, deren Einfluß sich noch nicht berechnen läßt, auch in den Resultaten der werthvollsten Beobachtungen hervorbringen.

Es sind einige Versuche gemacht worden, um die Rechnungen, welche Laplace's Formel erfordert, abzukürzen. Von den in dieser Absicht veröffentlichten Tafeln sind diejenigen von Oltmans und von Delcros, welche man theils in dem Annuaire des Längenbureau theils in dem Annuaire der meteorologischen Gesellschaft findet, die bequemsten.

Aus dem Vorhergehenden folgt, daß es, um alle Elemente zu haben, welche zur Berechnung einer Berghöhe erforderlich sind, genügt, daß zwei mit unter einander gut vergleichbaren Instrumenten versehene Personen gleichzeitig, der eine auf dem Gipfel und der andere am Fuße des Berges den Barometerstand beobachten, und zugleich die Grade sowohl der in die Fassung der Barometer eingelassenen als auch der zur Angabe der Temperatur der freien Luft bestimmten Thermometer aufzeichnen. Streng genommen sind freilich schon zwei solche zusammengesetzte Beobachtungen hinreichend; läßt es sich indeß aus-

führen, so ist es zweckmäßig, die Messungen zu vervielfältigen, weil man dadurch die Wahrscheinlichkeit einer Compensation sowohl der mit den Beobachtungen selbst verbundenen, als auch der durch irgend eine Störung in der Atmosphäre hervorgerufenen Fehler herbeiführt. Für fast überflüssig halte ich die Bemerkung, daß Barometer und Thermometer möglichst gegen die unmittelbare Einwirkung der Sonnenstrahlen geschützt sein müssen.

Auf den ersten Blick scheint es bei der Messung einer Berghöhe gleichgültig zu sein, zu welcher Tagesstunde die Beobachtungen angestellt werden. Man hat aber doch durch Vergleichung zahlreicher barometrischer Messungen mit sorgfältig ausgeführten Nivellements erkannt, daß die Zeit zwischen 11 und 1 Uhr Mittags im Allgemeinen die günstigste ist, sei es weil zu dieser Zeit die Aenderung der Temperatur der übereinander liegenden Luftschichten gleichförmig ist, wie solches die Laplace'sche Formel voraussetzt, oder weil die aufsteigenden oder absteigenden Luftströmungen, die man nicht in Rechnung ziehen kann, dann nur sehr schwach sind. Der Einfluß dieser Strömungen ist ziemlich groß, so daß man sorgfältig vermeiden muß, die Barometer auf die Sohle der Thäler zu stellen. Mit Ausnahme dieses Falles wird es vortheilhaft sein, die beiden Instrumente so viel als möglich einer und derselben Verticale zu nähern; übrigens kann man ohne Bedenken Beobachtungen unter sich vergleichen, welche mit Instrumenten, die in horizontaler Richtung 4 bis 5 Meilen von einander entfernt sind, angestellt wurden.

Beabsichtigt man eine große Genauigkeit, so ist das Zusammenwirken zweier Beobachter unerläßlich, weil die am Fuße und auf dem Gipfel des Berges gemachten Barometerbeobachtungen gleichzeitig sein müssen. Indeß wird ein einziger mit guten Instrumenten versehener Beobachter den Unterschied im Niveau zweier wenig von einander entfernten Stationen mit einer für die Bedürfnisse der physischen Geographie hinreichenden Genauigkeit bestimmen können, wenn er darauf achtet, Thermometer und Barometer auf der untern Station im Augenblicke der Abreise und der Rückkehr zu beobachten; denn die Vergleichung dieser Beobachtungen wird ihm den stündlichen Gang der beiden Instrumente geben, woraus er dann durch bloße Proportionen den

Werth der Correctionen erhält, die er an den Beobachtungen der untern Station anbringen muß, um sie mit den auf der obern, aber zu andern Stunden angestellten, vergleichbar zu machen.

Hat man durch eine lange Beobachtungsreihe die mittleren Werthe des Barometer- und Thermometerstandes an einem beliebigen Orte der Erde bestimmt, so kann man dieselben benutzen, um die absolute Höhe dieses Ortes zu berechnen, indem man jene Werthe mit entsprechenden Beobachtungen des Barometer- und Thermometerstandes im Niveau des Meeres vergleicht. In unsern Breiten sind dieselben 0,7629^m und 12,5^0 C.; da sie aber an den verschiedenen Orten der Erde verschieden sind, so wird es zweckmäßig sein, die Beobachtungen nur mit solchen mittleren Werthen am Meeresspiegel zu vergleichen, welche sich auf dieselben Breitengrade beziehen. Vielleicht würde es noch besser sein, wie mehrere Physiker vorgeschlagen haben, für diese Berechnungen bloß die Mittel aus den Mittagsbeobachtungen zu verwenden. Wie dem auch sein möge, man sieht, daß wenn die Bewohner irgend eines Ortes sich die Mühe geben wollten, täglich zu Mittag die Stände eines guten Barometers und Thermometers abzulesen, sie durch Vergleichung dieser Messungen mit den auf der nächsten Sternwarte, deren Höhe über dem Meeresspiegel bekannt ist, angestellten, die Höhe ihres Wohnortes über dem Meere erhalten könnten. So würden z. B. in Frankreich die an allen Orten der Departements um Mittag gemachten Barometer- und Thermometerbeobachtungen durch Vergleichung mit den auf der pariser Sternwarte angestellten, dienen können, um ein allgemeines Nivellement des Landes zu erhalten, wodurch wir in den Stand gesetzt werden würden, den Längen und Breiten der verschiedenen Oertlichkeiten auch ihre Höhe über dem Meere als dritte der Coordinaten, welche ihre Lage auf dem Erdkörper feststellen, hinzuzufügen. An solchen Orten, an welchen Flüsse vorbeifließen, würde es zweckmäßig sein, die Beobachtungen auf die mittlere Wasserhöhe derselben zu beziehen; in andern Fällen müßte man dagegen durch eine besondere Operation die Lage des Beobachtungsortes auf das merkwürdigste Gebäude oder den auffallendsten Punkt der Umgegend beziehen.

In vielen Theilen Europas sind übrigens allgemeine Nivellements durch directe Triangulationen ausgeführt worden. In Frank-

lich sind jetzt die geographischen Positionen fast aller Städte selbst von geringer Bedeutung und ihre verticalen Erhebungen über das mittlere Meeresniveau aus den Triangulationen der verschiedenen Ordnungen hergeleitet worden, auf welche die mit der Ausführung der Karte unseres Vaterlandes beauftragten Officiere des Generalstabes ihre schönen und äußerst umfangreichen Arbeiten basiren.

In dem trigonometrischen Netze, welches sich über ganz Frankreich erstreckt, gibt es im Allgemeinen sehr große Dreiecke, deren Winkel mit großen Instrumenten und durch zwei Beobachtungsreihen, jede von wenigstens zwanzig Repetitionen bestimmt sind. Dies sind die Dreiecke erster Ordnung.

Bei den Dreiecken zweiter Ordnung begnügt man sich gewöhnlich für die Messung jedes Winkels mit einer einzigen Reihe von zehn Repetitionen.

Die Dreiecke der dritten Ordnung werden mit kleinern und leichter transportabeln Instrumenten gemessen; man bestimmt die Winkel derselben durch eine einzige Reihe von sechs Repetitionen, und mißt oft nur zwei derselben. Um für die Bestimmung des dritten Punktes an der Spitze des nicht gemessenen Winkels keinen erheblichen Fehler zu begehen, stellt man seine Lage durch Gesichtslinien fest, die wenigstens von zwei verschiedenen Grundlinien ausgehen.

Man sieht, wie zahlreich die Vorsichtsmaaßregeln genommen sind, damit das über Frankreich ausgebreitete geodätische Netz Resultate liefere, die vollkommen genannt werden können. Der Werth dieser Vorsichtsmaaßregeln wird um so besser gewürdigt werden, wenn wir die Triangulationen beschreiben werden, die zur Messung der Bogen von Meridianen und Parallelkreisen gedient haben. Die zuvor gegebenen Details werden hinreichen, um die in den folgenden Paragraphen zusammengestellten Zahlen zu erklären.

An allen Orten, wo man das Meer sehen kann, läßt sich die Bestimmung der absoluten Höhe auch aus der gemessenen sogenannten Depression des Horizontes ableiten. In der That liegt die ziemlich scharf begrenzte blaue Linie, welche die scheinbare Grenze von Himmel und Meer bildet, und auf welche die Seeleute den Ort der Gestirne beziehen, nicht in dem mathematischen Horizonte; die Größe, um welche

sie tiefer liegt, hängt von der Höhe des Auges des Beobachters über der Wasserfläche und von den Dimensionen der Erde ab. Mißt man den Winkelabstand eines Punktes am Horizonte von dem diametral entgegengesetzten Punkte desselben, so ist unter der Voraussetzung eines vollkommen gleichen Zustandes der Luft und des Meeres rings um den Beobachter, die Abweichung des gemessenen Winkelabstandes von 180° offenbar gleich dem Doppelten der vorhandenen Depression des Horizontes. Man kann diese Depression auch erhalten, wenn man die Höhe eines Gestirnes über dem scheinbaren Horizonte in einem gegebenen Augenblicke mißt, und von dieser beobachteten Höhe die durch die Berechnung des Ortes des Gestirnes zuvor erhaltene abzieht. Man wird leicht einsehen, daß wenn durch eine mathematische Formel eine nothwendige Beziehung zwischen der Höhe eines Ortes und der Depression für gewisse bekannte meteorologische Zustände gegeben ist, man unter Berücksichtigung der Refraction das eine dieser Elemente herleiten kann. Indeß, da man die meteorologischen Zustände nur für den Ort bestimmen kann, an dem man sich befindet, aber nicht für die mit dem Meere in Berührung befindlichen atmosphärischen Schichten in dem Punkte, wo die durch das Auge des Beobachters gelegte Ebene die Wasserfläche tangirt, da ferner die Dichtigkeitsänderungen der Atmosphäre sehr von dem Unterschiede der Temperatur der Wasseroberfläche und der auf ihr ruhenden Luftschicht abhängen, so gewährt dieses Verfahren, die Höhen zu berechnen, keine große Genauigkeit; ich habe es auch nur namhaft gemacht, um es nicht in Vergessenheit zu lassen.

§ 2. Erhebung Europas über das mittlere Niveau des Meeres.

Man kennt jetzt eine sehr große Zahl von Höhenbestimmungen verschiedener Punkte Europas, deren Abstände von einander genau bekannt sind. Durch eine leicht aufzustellende Formel berechnet man aus diesen durch die Beobachtung erhaltenen Höhen die mittleren Höhen jedes großen Plateau, die ganzer Länder und endlich des gesammten Continents selbst. Es ist ein geometrisches und sehr einfach zu berechnendes Problem, das ich nur anzudeuten brauche. Ich werde unmittelbar die für die mittleren Höhen erhaltenen Resultate anführen,

indem ich sie mit den beobachteten Höhen der hauptsächlichsten Berggipfel und der wichtigsten bewohnten Orte zusammenstelle.

Berge in der iberischen Halbinsel und in den Pyrenäen.

Mulhacen (Granada)	3555	Meter.
Malahite oder Nethou (Pyrenäen)	3485	"
Mont Perdu (Ebend.)	3351	"
Der Cylinder (Ebend.)	3322	"
Maladetta (Ebend.)	3312	"
Vignemale (Ebend.)	3298	"
Pic du Midi (Ebend.)	2877	"
Canigou (Ebend.)	2785	"
Peñalara	2583	"
Cabezas de Hierro	2370	"
Sierra d'Estra (Portugal)	1700	"
Somo Sierra	1460	"
Sierra de Foja (Algarbien)	1100	"

Pässe über die Pyrenäen.

Port d'Oo	3002 Meter.	Port de Gavarnie	2333 Meter.
Port Viel d'Estaube	2561 "	Port de Cavarère	2241 "
Port de Pinede	2499 "	Paß von Tourmalet	2177 "

Die mittlere Höhe des Kammes der Pyrenäen beträgt 2437 Meter, und die oben S. 158 gegebene Figur 249 zeigt, wie groß nach A. von Humboldt ihre Bedeutung im Verhältniß zu den andern großen Ketten der Erde ist.

Ich lasse jetzt für denselben südlichsten Theil Europas die Höhen einiger benachbarten Orte folgen.

Dorf Heas (Kapelle) in den Pyrenäen	1497	Meter.
Dorf Gavarnie (Wirthshaus) (Ebend.)	1335	"
Dorf Barège (Hof der Bäder) (Ebend.)	1241	"
Palast von Ildefonso	1155	"
Burgos	880	"
St.-Sauveur (Terrasse der Bäder) Pyrenäen	728	"
Astorga	727	"
Lech (Kirche) Pyrenäen	706	"
Ocaña	704	"
Valladolid	682	"
Guadalaxara	666	"

Madrid	695	Meter.
Zamora	575	"
Aranjuez am Tajo	474	"
Miranda del Ebro	460	"

Nach den letzten Abschätzungen de Verneuil's, der alle in Spanien vorgenommenen Messungen gesammelt hat, beträgt die mittlere Höhe dieses Landes 711 Meter, eine Zahl, deren Größe später bei Vergleichung mit der, welche Frankreich liefert, auffallend hervortreten wird.

Höhen der hauptsächlichsten Alpenspitzen.

Mont-Blanc (Savoyen)	4813	Meter.
Monte-Rosa (Savoyen)	4636	"
Finsteraarhorn (Schweiz)	4362	"
Jungfrau (Schweiz)	4180	"
Berg Oursine (Frankreich)	4105	"
Berg Pelvoux (Frankreich)	3934	"
Ortles (Tyrol)	3908	"
Monte Viso (Frankreich)	3836	"
Col du Géant	3426	"
Berg Tabor	3180	"
Große Berard	3048	"
Taillefer	2861	"
Col de la Vachère	2620	"
Berg Ventour	1909	"
Berg von Lure	1827	"

Pässe über die Alpen, welche aus Deutschland, der Schweiz, und Frankreich nach Italien führen.

Paß über den Mont Cervin	3410	Meter.
" über den großen St. Bernhard	2491	"
" über den Col de Seigne	2461	"
" über die Furka	2439	"
" über den Col Ferret	2321	"
" über den kleinen St. Bernhard	2192	"
" über den St. Gotthard	2075	"
" über den Mont Cenis	2066	"
" über den Simplon	2005	"
" über den Mont Genèvre	1937	"
" über den Splügen	1925	"

La Porte du Mont Cenis	1906	Meter.
Le Col de Tende	1795	"
Radstädter Tauern	1559	"
Paß über den Brenner	1420	"

Bewohnte Orte.

Hospiz des großen St. Bernhard	2491	Meter
Hospiz des St. Gotthard	2075	"
Dorf St.-Veran (Depart. Hochalpen)	2040	"
Dorf Breuil (Thal des Mont Cervin)	2007	"
Dorf Maurin (Depart. Niederalpen)	1902	"

Die mittlere Höhe des Kammes der Alpen ist 2340 Meter.

Hauptsächlichste Berge Frankreichs, die Pyrenäen und Alpen nicht mitgerechnet.

Monte Rotondo (Corsica)	2672	Meter.
Monte d'Oro (Corsica)	2652	"
Mont Dore (Auvergne)	1886	"
Plomb du Cantal (Auvergne)	1857	"
Der Mezenc (Vivarais)	1766	"
Colomby von Gex (Jura)	1689	"
Montoisey (Jura)	1671	"
Puy-Mary (Auvergne)	1658	"
Pierre-sur-Haute (Forez)	1634	"
Der Chassiron (Jura)	1610	"
Puy-de-Dôme (Auvergne)	1465	"
Berg Mégal (Vivarais)	1437	"
Ballon von Gebweiler oder von Sulz (Vogesen)	1422	"

Wichtigste Städte Frankreichs.

Departement.		Meter.	Departement.		Meter.
Ain.	Bourg	227	Niederalpen.	Forcalquier	551
	Nantua	480		Sisteron	578
	Gex	647	Hochalpen.	Briançon	1321
Aisne.	Laon	180	Ardèche.	Privas	322
	Soissons	49		Tournon	116
	St.-Quentin	104	Ardennen.	Mézières	171
Allier.	Moulins	227		Rethel	90
	Gannat	347		Rocroy	390

Departement.		Meter.
Ariège.	Foix	455
	Pamiers	286
Aube.	Troyes	110
	Bar-sur-Aube	166
	Nogent-sur-Seine	72
Aude.	Carcassonne	104
	Narbonne	13
	Castelnaudary	186
Aveyron.	Rodez	632
	Espalion	342
	Villefranche	267
Rhonemündungen.		
	Marseille	161
	Aix	205
	Arles	17
Calvados.	Caen	26
	Vire	177
	Bayeux	47
Cantal.	Aurillac	622
	Mauriac	698
	Murat	937
	Saint-Flour	883
Charente.	Angoulême	91
	Cognac	31
	Confolens	183
Untere Charente.		
	La Rochelle	8
	Saintes	27
Cher.	Bourges	156
	Sancerre	306
Corrèze.	Tulle	214
	Ussel	640
	Brives	117
Côte-d'Or.	Dijon	246
	Beaune	220
	Chatillon-sur-Seine	231
	Semur	422
Côtes-du-Nord.		
	St.-Brieuc	89
	Loudéac	162
	Lannion	23

Departement.		Meter.
Creuse.	Guéret	445
Dordogne.	Périgueux	98
	Bergerac	32
	Nontron	208
Doubs.	Besançon	251
	Pontarlier	838
	Baume-les-Dames	532
Drôme.	Valence	128
	Montélimart	65
	Nyons	277
Eure.	Evreux	66
	Pont-Audemer	7
	Bernay	105
Eure und Loir.		
	Chartres	157
	Châteaudun	143
	Nogent-le-Rotrou	105
Finistère.	Quimper	6
	Brest	33
	Châteaulin	142
Gard.	Nimes	47
	Uzès	138
Obere Garonne.		
	Toulouse (Fußboden der Sternwarte)	189
	Muret	164
	Saint-Gaudens	404
Gers.	Auch	166
	Lectoure	180
	Condom	84
Gironde.	Bordeaux	7
	Blaye	17
	Bazas	79
Hérault.	Montpellier	44
	Béziers	70
	Lodève	175
	St.-Pons	1035
Ille und Vilaine.		
	Rennes	54
	Fougères	137
	St.-Malo	44

Departement.		Meter.
Indre.	Châteauroux	158
	Leblanc	108
	La Châtre	227
Indre und Loire.		
	Tours	55
	Chinon	82
Isère.		
	Grenoble	213
	Latour-du-Pin	319
	Vienne (Wasserspiegel der Rhône)	150
Jura.	Lons-le-Saunier	258
	Poligny	324
	St.-Claude	437
Landes.	Mont-de-Marsan	43
	St.-Sever	100
	Dax	40
Loir und Cher.		
	Blois	102
	Vendôme	85
Loire.	Montbrison	394
	Roanne	286
	St.-Etienne	540
Obere Loire.	Le Puy	686
	Yssengeaux	447
	Brioude	860
Untere Loire.		
	Nantes	12
	Savenay	53
	Châteaubriant	62
Loiret.	Orléans	116
	Pithiviers	120
	Gien	152
Lot.	Cahors	125
	Figeac	225
	Gourdon	258
Lot und Garonne.		
	Agen	43
	Marmande	24
	Nérac	59

Departement.		Meter.
Lozère.	Mende	739
	Marvejols (im untern Theile der Stadt)	640
Maine und Loire.		
	Angers	47
	Saumur	77
	Beaupréau	85
Manche.	St.-Lô	33
	Cherbourg	5
	Mortain	215
Marne.		
	Châlons-sur-Marne	82
	Reims	86
	Ste-Menehould	138
Obere Marne.		
	Chaumont	324
	Langres	473
	Vassy	180
Mayenne.		
	Laval	75
	Château-Gontier	58
Meurthe.		
	Nancy	199
	Château-Salins	335
	Toul	216
Maas.	Bar-le-Duc	239
	Montmédy	294
	Verdun	314
Morbihan.	Vannes	18
	Pontivy	56
	Ploërmel	77
Mosel.		
	Metz (Pflaster der Kathedrale)	177
	Thionville	155
	Briey	257
Nièvre.		
	Nevers	201
	Château-Chinon	552
	Cosne	153

Department.		Meter.
Nord.	Lille	24
	Dünkirchen	7
	Avesne	172
Oise.	Beauvais	71
	Clermont	119
	Compiègne	48
Orne.	Alençon	136
	Domfront	215
	Mortagne	256
Pas-de-Calais.		
	Arras	66
	St.-Omer	23
	St.-Pol	90
Puy-de-Dôme.		
	Clermont-Ferrand	407
	Ambert	581
	Riom	358
Niederpyrenäen.		
	Pau	207
	Oléron	272
	Bayonne	11
Hochpyrenäen.		
	Tarbes	311
	Argelez	466
	Bagnères	551
Oestliche Pyrenäen.		
	Perpignan	42
	Céret	170
	Prades	348
Niederrhein.		
	Straßburg	144
	Saverne	205
	Schlettstadt	172
Oberrhein.		
	Colmar	195
	Altkirch	381
	Belfort	364
Rhône.	Lyon (Wasserspiegel in der Nähe der Brücke der Guillotière)	162
	Villefranche	182

Department.		Meter.
Obere Saône.	Vesoul	236
	Gray	220
	Lure	294
Saône und Loire.		
	Mâcon	184
	Autun	379
	Châlon-sur-Saône	178
Sarthe.	Le Mans	76
	Mamers	129
	La Flèche	33
Seine.		
	Paris (Platz des Pantheon)	60
	Saint-Denis	33
	Sceaux	98
Seine und Marne.		
	Melun	69
	Fontainebleau	79
	Meaux	58
Seine und Oise.		
	Versailles	123
	Rambouillet	169
	Corbeil	37
Untere Seine.		
	Rouen	22
	Le Hâvre	4
	Yvetot	152
Beide Sèvres.		
	Niort	29
	Bressuire	185
	Melle	139
Somme.	Amiens	36
	Montdidier	98
	Abbeville	22
Tarn.	Alby	169
	Gaillac	137
	Castres	171
Tarn und Garonne.		
	Montauban	97
	Moissac	72
	Castel-Sarrazin	81

Departement.		Meter.	Departement.		Meter.
Var.	Draguignan	216.	Obere Vienne.		
	Grasse	325		Limoges	287
	Toulon	4		Saint-Yrieix	358
Vaucluse.	Avignon	55		Bellac	242
	Carpentras	102	Vogesen.	Epinal	341
	Orange	46		Mirecourt	279
Vendée.				Remiremont	403
	Napoleon-Vendée	73			
	Fontenai	23	Yonne.		
	Les Sables d'Olonne	6		Auxerre	122
Vienne.	Poitiers	118		Avallon	263
	Châtellerault	55		Sens	76
	Civray	145			

Die vorstehenden 242 geodätischen Punkte sind so gewählt, daß soviel möglich in jedem Departement der Hauptort, und ein höher und ein tiefer gelegener Punkt angegeben sind; aus ihnen erhält man 206 Meter als mittlere Höhe der Städte Frankreichs über das mittlere Meeresniveau.

Höhen verschiedener Berge Europas.

Budosch (Siebenbürgen)	2924	Meter.
Surul (Ebend.)	2924	"
Legnone (Apenninen)	2806	"
Lomnitzspitze (Karpathen)	2701	"
Lipsze (Ebend.)	2534	"
Sneehättan (Norwegen)	2500	"
Monte-Vellino (Apenninen)	2393	"
Berg Athos (Griechenland)	2066	"
Hussako (Mähren)	1624	"
Schneekoppe (Riesengebirge)	1608	"
Adelat (Schweden)	1578	"
Schwarze Spitze (Spitzbergen)	1372	"
Ben-Nevis (Inverneß-Shire)	1325	"
Fichtelberg (Sachsen)	1212	"
Berg Parnassus (Spitzbergen)	1194	"
Berg Erix (Sicilien)	1187	"
Brocken (Harz)	1140	"
Snowden (Wales)	1089	"
Shehalien (Schottland)	1039	"

Beerberg (Thüringerwald)	961 Meter.
Inselsberg (Ebend.)[24]	896 „

Der Kamm der Kette des Thüringerwaldes hat eine mittlere Höhe von 680 Meter.

Höhen der hauptsächlichsten Vulkane Europas.

Aetna	3237 Meter.
Eyrefa-Jokul . . .	1806 „
Eyafialla-Jokul . . .	1733 „
Hekla	1557 „
Vesuv	1198 „

Höhen der Seen der schweizer Hochebenen.

Thuner See . .	556 Meter.
Neuenburger See	435 „
Züricher See .	408 „
Bodensee . . .	398 „
Genfer See . .	372 „

Höhen verschiedener bewohnter Orte Europas.

Innspruck . . .	566 Meter.
München . . .	515 „
Lausanne. . . .	507 „
Augsburg . . .	475 „
Salzburg . . .	452 „
Neuenburg . . .	438 „
Genf	375 „
Freiberg (Sachsen) .	372 „
Ulm	369 „
Regensburg . . .	362 „
Gotha	307 „
Moskau	300 „
Turin	230 „
Weimar	210 „
Prag	179 Meter.
Mainz	176 „
Cassel	158 „
Göttingen . . .	134 „
Wien (Donau) . .	133 „
Jena	130 „
Mailand (botanischer Garten) . . .	128 „
Bologna . . .	121 „
Parma	93 „
Dresden	90 „
Rom (Capitol) . .	46 „
Berlin	40 „

Damit der Leser sich leichter eine Vorstellung von der Größe der bisher schon angeführten und der in der Folge noch zu erwähnenden Zahlen machen kann, will ich hier die Höhen einiger Gebäude über dem umliegenden Boden angeben.

Die höchste ägyptische Pyramide	146	Meter.
Der Thurm des straßburger Münster über dem Pflaster	142	"
Der St. Stephansthurm in Wien	138	"
Die Kuppel der St. Peterskirche in Rom über dem Platze	132	"
Der Michaelisthurm in Hamburg	131	"
Spitze der Kirche in Antwerpen	120	"
Der St. Petrithurm in Hamburg	119	"
Die Kuppel der St. Paulskirche in London . . .	110	"
Der Mailänder Dom über dem Platze	109	"
Der Thurm degli Asinelli zu Bologna	107	"
Die Spitze des Invalidenhauses über dem Pflaster .	79	"
Die Balustrade des Notre-Dame-Thurmes . . .	66	"
Die Säule auf dem Vendômeplatze	43	"
Die Plateform der pariser Sternwarte	27	"
Die Masten eines französischen Schiffes von 120 Kanonen über dem Kiel	73	"

Wolf hat die Hypsometrie Deutschlands sehr sorgfältig studirt. Theilt man dieses große Land in drei von Ost nach West gerichtete Zonen, von denen die erste oder nördlichste den Raum von den Küsten der Ost- und Nordsee bis zu dem Parallelkreise von Breslau, Leipzig, Cassel und Elberfeld (von 54°7′ bis 51°20′ Br.); die zweite den Raum zwischen 51°20′ und 48° Br., d. h. bis zu dem Parallelkreise von Schaffhausen und Freiburg im Breisgau, und die dritte die Region der deutschen Alpen von 48° bis 45°48′ umfaßt; so findet man für die

	Mittlere Höhe in Metern.
nördliche Zone	97
mittlere Zone	307
südliche Zone	920
Für Deutschland im Ganzen . .	379

Die im Vorhergehenden für Spanien, Frankreich und Deutschland mitgetheilten Zahlen zeigen in auffallender Weise die Verhältnisse der Höhen dieser drei an einander grenzenden Länder. Deutschland ist um ⅓ höher als Frankreich, was man nach der Mächtigkeit der Kette der Alpen in Tyrol, Salzburg, Steiermark, Krain und den grajischen Alpen, sowie der andern Berggruppen, die sich bis in die nördliche Zone fortsetzen, voraussehen konnte.

Einige Zusammenstellungen sollen jetzt eine Idee von der Masse der Gebirge geben.

Die eigentliche Höhe der Ebenen von Frankreich ist nach A. von Humboldt 156 Meter; wir haben zuvor (S. 173) 206 Meter als mittlere Höhe der Städte gefunden, wonach man also die von meinem berühmten Freunde angenommene Zahl um 50 Meter vergrößern muß. Nimmt man die Masse der Pyrenäen auf die ganze Oberfläche von Frankreich gleichmäßig vertheilt an, so würde dieselbe um 35 Meter erhöht werden. Nach Elie de Beaumont würde die Vertheilung der Vogesen und der französischen Alpen über dieselbe Fläche eine Erhöhung derselben um 42 Meter bewirken. Die Plateaux des Limousin, der Auvergne, der Cevennen, des Aveyron, des Forez, des Morvan, und der Côte d'Or würden eine Erhöhung von 36 Meter geben. Fügt man diese Zahlen der ursprünglichen, zu 156 Meter berechneten Höhe hinzu, so findet man 269 Meter, d. h. die von meinem Freunde A. von Humboldt für die mittlere Höhe Frankreichs angenommene Zahl.

Wir wollen dieselben Rechnungen für das gesammte Europa ausführen. Wir nehmen 136 Meter als die eigentliche mittlere Höhe der baltischen, sarmatischen, russischen, ungarischen, französischen und englischen Ebenen; das Plateau der iberischen Halbinsel würde eine Erhöhung von 22 Metern erzeugen. Das ganze Alpensystem vertheilt auf die Fläche von Gesammteuropa, würde eine Erhöhung von 7 Metern geben. Die Gebirge in Skandinavien, im nördlichen Deutschland, die Karpathen und Apenninen würden eine Erhöhung von 40 Metern bewirken. Hiernach würde die mittlere Höhe des Bodens von Europa über dem Meeresspiegel 205 Meter betragen.

§ 3. Afrika.

In Betreff der Höhe einiger Theile Afrikas über das mittlere Niveau des Meeres sind nur sehr unvollständige Angaben bekannt; ich werde mich also auf die Anführung einiger Zahlen beschränken.

Berge.

	Meter.		Meter.
Ambotismenas (Madagascar)	2507	Jurjura (Algier)	2126
Piton des Neiges (Insel Bourbon)	3067	Tafelberg (Cap der guten Hoffnung)	1163

Vulkane.

Pic auf Teneriffa	3710 Meter.
Pico Alto (Azoren)	2980 „
Fuego (Inseln des grünen Vorgebirges) . . .	2400 „
Die drei Salassen (Insel Bourbon)	2400 „
Green-Mountain (Insel Ascension)	760 „

Bewohnte Orte.

Constantine	664 Meter.
Marokko	442 „

§ 4. Asien.

Den tiefen Studien A. von Humboldt's verdanken wir fast Alles, was wir über die physische Geographie dieses großen Erdtheiles wissen.

„Die großen Massen, deren Oberflächen und Erhebungen in Betracht gezogen werden müssen," sagt mein hochberühmter Freund, „um auf angenäherte Weise die Höhe dieses großen Continentes zu erhalten, sind:

„1. Die weite Anschwellung des Bodens, welche die chinesischen Geographen, gewohnt Alles im Detail zu beschreiben, mit dem Namen Gobi oder Schamo (Sandwüste) bezeichnet haben, und die sich ohne Unterbrechung in der Richtung von Südwest nach Nordost, von dem östlichen, den Chinesen gehörigen Turkestan oder der kleinen Bulgarei bis zu dem Gebirgsknoten Kentei, nahe bei der Quelle des Amur erstreckt;

„2. Die vier großen parallelen Gebirgsketten des Altai, Thianschan oder Himmelsgebirges, dessen westliche Verlängerung jenseits der großen aralo-caspischen Niederung der Kaukasus zu sein scheint, des Kuen-lün oder A-neu-Tha und des Himalaya, der sich gegen den Kueu-lün wendet, wie ein anschaarender Gang, bis zu dem Punkte, wo beide Ketten von der Meridiankette des Bolor durchsetzt, ihren Lauf von Ost nach West wieder annehmen, indem sie unter dem Namen des Hindu-Kho stets den Axen ihrer Hebungen folgen, und sich durch Kabulistan nach Herat wenden;

„3. Die Meridianketten, in ihrer Alternirung an verschobene Gangmassen erinnernd, die mit häufigen Unterbrechungen parallel laufen vom Eismeere bis zum Plateau der Nilgherrys oder Blauen Berge

in die Nähe des Cap Comorin. Man unterscheidet unter ihnen die Kette des Ural, das Plateau von Ust-urt zwischen dem Aralsee und caspischen Meere; den Kosyurt, der sich vom obern Laufe des Tschui bis zum Syr oder Oxus erstreckt; den Bolor; die Solimankette; die Ghates von Malabar, und wenn man 50° weiter nach Osten geht, die von S.S.W. nach N.N.O. geneigten Meridianketten, welche unterbrochen werden und wieder beginnen unter den Namen Stanawoi-Khrebet, Khingan-Petscha, Ketten von Birman und Malakka, im Osten des Irawaddi.

„4. Die partiellen Auftreibungen des Bodens, wie die Strecke, welche zwischen den Ketten des Himalaya und Kuen-lün das östliche und westliche Tübet bildet, begrenzt durch die Meridiane von Hlassa, der heiligen Seen, von Ladak und Dotsruh; oder mehr noch die großen Massen, welche gewöhnlich in der Nähe der Punkte liegen, wo sich in sehr divergirenden Richtungen streichende Gebirge durchschneiden, wozu gehören: die vulkanische Hochebene des kaukasischen Ararat die von der im Osten des Sees Goktschai gelegene Kette von M[illegible] und Kondurgagh ausgeht, am Fuße des großen Ararat vorbeizieht sich durch Djarlydagh in das trachytische System des Cargabassar erstreckt und dann nach Erzerum wendet; die Hochebene, welche Ardebil in Persien umgibt und sich im Osten des Sees Urmia und im Norden der Kette von Zagros erstreckt; die Hochwüste Iran, die sich zwischen der Kette von Zagros und der Kette Kauda ausdehnt, und um Jez[illegible] und den See Zarah nur 682 Meter hoch ist, während ihre Höhe in der Nähe von Ispahan 1340 Meter beträgt; die Hochebene des Beludschistan, von Mysore und Nilgherry, deren höchster Berg die Dodabetta ist; und endlich die Wüste, welche fast den ganzen inner[n] Theil der arabischen Halbinsel zwischen den Meridianketten Hadscha[r] und Oman einnimmt, und den westlich von Mascat gelegenen bewaldeten Gipfel des Dschebel-Akhbar enthält."

Bevor ich die Erhöhungen, welche diese verschiedenen Massen i[n] der mittleren Höhe des asiatischen Festlandes hervorbringen müsse[n] nach den Bestimmungen A. von Humboldt's mittheile, will ich zuvo[r] noch die Höhen der Gipfel anführen, wenn gleich sie auf das Volume[n] der Gebirgsketten einen geringern Einfluß haben als die Kammhöhe[n]

Gipfel im Himalaya.

Kintschinjinga . .	8592 Meter.	Jamnutri . . .	7823 Meter.
Dhawalagiri . .	8455 „	Gosainthan . .	7528 „
Jawahir . . .	7848 „	Chumalari . .	7293 „

Die mittlere Höhe des Kammes des Himalaya beträgt 4777 Meter (vergl. Fig. 249, S. 158).

Andere asiatische Berge.

Westlicher Gipfel des Kaukasus	5646 Meter.
Oestlicher Gipfel des Kaukasus	5624 „
Unbenannter Berg	5163 „
Kegelberg auf der Grenze von China und Rußland	5135 „
Kasbek	5045 „
Großer Ararat	4566 „
Ophyr (Insel Sumatra)	3950 „
Argäus	3840 „
Kondurgagh	3748 „
Libanon	2906 „
Dodabetta	2565 „
Kleiner Altai	2202 „
Dschebel-Akhbar	1950 „
Beschtan	1398 „

Seen.

Heilige Seen von Mapan und von Rakas-Tal	4570 Meter.
See Urmia	1523 „
Salzsee Touz-Gheul	895 „
See Zarah	680 „

Vulkane.

Klutschaw	4800 Meter.
Kronotzkaja sopka	3380 „
Avatscha	2664 „
Tolbatschinskaja sopka . .	2400 „

Bewohnte Orte.

Ladak	3046 Meter.
Bach Kichla (Thal im Taurus)	2370 „
Erzerum	1896 „
Ispahan	1340 „

Jerusalem	805 Meter.
Balkh	585 „
Delhi	257 „
Lahore	227 „
Barnaul	117 „
Tobolsk	35 „

A. von Humboldt berechnet die eigentliche Höhe der asiatischen Tiefländer zu 78 Meter. Der Gobi, dessen mittlere Höhe 1300 Meter beträgt, der aber in seinem centralen Theile eine solche Senkung zeigt, daß das Plateau nur noch 780 Meter erreicht, würde über die ganze Oberfläche Asiens ausgebreitet, eine Erhöhung von 40 Meter erzeugen. Die Anschwellung, welche sich vom Himalaya bis zum Kuen-lün erstreckt, und Tübet einschließt, bildet, jene beiden Gebirgsketten mitgerechnet, eine Masse von 3500 Meter Höhe, die über ganz Asien vertheilt, eine Erhöhung von 109 Meter hervorbringen würde. Die persische Hochebene würde die mittlere Höhe Asiens um 23 Meter, und die schmalen Ketten des Altai und Ural dieselbe Fläche um 2 Meter erhöhen. Der Kaukasus würde gleichfalls nur eine Erhöhung von 2 Meter ergeben. Kleinasien, das durch seine zahlreichen Gebirge merkwürdig ist, kann betrachtet werden als hätte es eine mittlere Höhe von 500 Meter; die Vertheilung dieser Halbinsel über Asien würde den Boden um 10 Meter erhöhen. Der gebirgige Theil von China bildet eine Anschwellung von 1600 Meter mittlerer Höhe, und würde über die ganze Fläche Asiens ausgebreitet eine Erhöhung von 31 Meter geben. Die ausgedehnte Anschwellung in Arabien, Kandahar, Beludschistan, den Ghates, in Mysore und der großen Bucharei hat eine mittlere Höhe von 331 Meter; sie würde durch ihre Vertheilung über ganz Asien den Boden um 56 Meter erhöhen. Aus allen diesen einzelnen Werthen ergibt sich für das gesammte asiatische Festland eine mittlere Höhe von 351 Meter über dem Meeresspiegel.

§ 5. Amerika.

Die große Centralmasse der Anden ist vom 14. bis 20. Grade südlicher Breite in zwei parallele Ketten oder Cordilleren getrennt, zwischen denen sich ein sehr ausgedehntes und hoch gelegenes Thal findet. Das südliche Ende dieses Thales durchfließt der Fluß Desaguadero;

im Norden liegt der berühmte Titicacasee, der an Ausdehnung den genfer See ungefähr 25 Mal übertrifft. Die Ufer des Titicaca bildeten den centralen Theil des Inkareiches; auf einer der Inseln dieses Sees wurde Manco-Capac geboren; dort findet man die schönsten Ueberreste der durch die Peruaner zur Zeit ihrer früheren Civilisation errichteten Bauwerke.

Die westliche Cordillere, die im Lande die Küstencordillere heißt, trennt das Thal des Desaguadero, das Tübet der neuen Welt, wie Pentland es nennt, und das Becken des Titicacasees von den Küsten des stillen Oceans. Diese Kette enthält mehrere thätige Vulkane, wie den Gualatieri, den Vulkan von Arequipa u. s. w.

Die östliche Cordillere trennt dasselbe Thal von den ungeheuren Ebenen der Chiquitos und Moros, und die Zuflüsse zu dem Beni, Mamore und Paraguay, die ins atlantische Meer fließen, von denen des Desaguadero und des Titicacasees. Diese östliche Cordillere liegt innerhalb der Grenzen der neuen Republik Bolivia; in ihr finden sich der Illimani und Sorata.

Auf beiden Seiten der Centralmasse verlängert sich die Kette der Anden einerseits bis zur Landenge von Panama, andrerseits bis zur Magelhaensstraße; bisweilen, z. B. um die Hochebenen von Pasco und Huanuco theilt sie sich in drei Zweige, und bildet Anschwellungen, die sich ausbreiten und mächtige Vorberge erzeugen, wie die Vorgebirge von Cordova, Salta, Jujug, Cochabamba u. s. w.

Das Verzeichniß der höchsten Gipfel der Anden ist nach Reihenfolge ihrer Höhe nachstehendes:

	Meter.		Meter.
Aconcagua (Chili)	7291	Gayambe-Urcu (Peru)	5919
Sahama (Bolivia)	7012	Chipicani (Peru)	5760
Parinacota (Bolivia)	6614	Pichu-Pichu (Peru)	5670
Pomarape (Bolivia)	6613	Pyramiden des Ilinissa (Peru)	5315
Chimborazo (Peru)	6530	Inchocaio (Peru)	5240
Nevado de Sorata (Bolivia)	6490	Cerro de Potosi (Peru)	4888
Nevado de Illimani (Bolivia)	6456	Nevado del Corazon (Peru)	4814

Man sieht, wie viel diese Gipfel der Cordilleren der Anden höher sind, als die Gipfel der europäischen Gebirgsketten. Die Namen dieser

ungeheuren Berge erinnern daran, daß der größte Theil dieser Höhen in die Region des ewigen Schnees reicht; razo bedeutet Schnee; nevado heißt im Spanischen mit Schnee bedeckt.

Chipicani oder Tajora ist einer der mit Schnee bedeckten Berge, den man vom Hafen von Arica im stillen Ocean sieht. Seine Ostseite zeigt einen erloschenen, sehr weiten und halbeingestürzten Krater. Auf der Westseite findet sich eine Solfatare, aus der sich große Mengen saurer Dämpfe erheben; durch ihre Condensation erhalten die Wasser des Rio azufrado die Eigenschaften, welche dem Flusse seinen Namen ertheilt haben.

Auf dem Cerro de Potosi werden die Erzgruben bis auf 4850 Meter Höhe ausgebeutet; hiernach betreiben also die Bergleute ihre Arbeiten auf dem Berge Potosi in größerer Höhe als der Montblanc besitzt.

Die Uebergänge der Pässe der östlichen und westlichen Cordillere der Anden zeigen folgende Zahlen:

Paß von Paquani (östliche Cordillere)	4641	Meter.
„ von Gualilas (Straße von la Paz nach Arica)	4520	„
„ von Tolapalca (Straße von Oruro nach Potosi)	4290	„
„ dos Altos de los Huesos	4137	„

Der letzte Paß liegt auf der südlichen Basis des Vulkans von Arequipa. Der Name, den er führt, rührt von der großen Menge Knochen von Lastthieren her, welche bei dem Uebergange umkamen; das spanische huesos bezeichnet Knochen.

Die mittlere Kammhöhe der Anden beträgt 3607 Meter (siehe Fig. 249, S. 158).

An den Pässen über die Cordilleren liegen Weiler und isolirte Wohnungen in Höhen, über die man erstaunen muß, wenn man die Schwierigkeiten erwägt, die mit dem Leben unter den von Allem, woran sonst die Menschen gewöhnt sind, so ganz entfernten klimatischen Verhältnissen verbunden sind:

Das Posthaus zu Ancomarca . . . . 4792 Meter.

Also ein Posthaus in der Höhe des Montblanc! Ich muß bemerken, daß dasselbe wegen der Strenge des Klimas nur während drei oder vier Monate des Jahres bewohnt wird; die Straße aber wird zu

allen Zeiten von Reisenden besucht, die sich von la Paz oder andern volkreichen Städten Bolivias nach den Küsten des stillen Oceans begeben:

Posthaus von Apo, auf der westlichen Cordillere, Straße von Arequipa nach Puno	4376 Meter.
Weiler und Posthaus von Chullunquani, auf der Ostseite der westlichen Cordillere	4227 „
Posthaus von Rio Mauro, an der Grenze von Peru und Bolivia	4196 „
Posthaus von Huaylias, auf der östlichen Cordillere	4191 „
Wohnhaus von Challà, auf der östlichen Cordillere	4148 „
Weiler von St. Lucia und Miravillas, auf der Straße von Arequipa nach Puno	4088 „

Höhen von Berggipfeln in andern amerikanischen Gebirgen als den Cordilleren der Anden.

Sierra Nevada (Mexico)	4786 Meter.
Pic Fremont (Wind-River Mountains) . .	4135 „
Der Koffer von Perote	4088 „
Silla de Caracas (Küstenkette von Venezuela) .	2630 „
Duida (Sierra Parime)	2553 „
Blaue Berge (Jamaica)	2218 „
Berg Washington (Alleghanys)	1900 „
Itacolumi (Brasilien)	1754 „
Cerro de la Giganta (Californien)	1494 „

Seen.

See von Titicaca (Bolivia und Peru) . .	3872 Meter.
See von Timpanogos (Mexico)	1280 „
See von Nicaragua	38 „

In der Nähe des Titicacasees liegt das Dorf Tiaguanaco, berühmt durch die in seiner Umgebung befindlichen Ruinen, Ueberreste der von den alten Peruvianern aufgeführten gigantischen Bauwerke.

Vulkane.

Gualatieri . . .	6693 Meter.	Orizaba	5295 Meter.
Antisana	5833 „	Sangay	5223 „
Arequipa . . .	5782 „	Purace	5184 „
Cotopaxi . . .	5753 „	Berg St. Elias .	5113 „
Popocatepetl . .	5400 „	Tunguragua . .	5026 „

Rucu-Pichincha	4854 Meter.		Die Solfatare (Guadeloupe)	1557 Meter.	
Cumbal	4761 „		Morne-Garou (St. Vincent)	1540 „	
Berg des schönen Wetters	4549 „		Berg Pelé (Martinique)	1435 „	
Pasto	4100 „		Jorullo	1203 „	
Tolima	3500 „				
El Viejo	2923 „				
Colima	2800 „				

Die Städte Perus und der Republik Bolivia haben folgende Höhen, deren Größe alle Beachtung verdient:

Lima, Hauptstadt von Peru . . . . 156 Meter.
Arequipa, Hauptstadt der gleichnamigen Provinz . 2377 „
Cochabamba, Hauptstadt des gleichnamigen Departem. 2575 „

Cochabamba, dessen Bevölkerung bis auf 30000 Seelen steigt, liegt also höher als der große St. Bernhard.

Chuquisaca oder la Plata, Hauptstadt der neuen Republik Bolivia . . . . 2844 Meter.
Tupisa, Hauptstadt der bolivischen Provinz Cinti . 3049 „
La Paz, in der Nähe der Quelle des Rio Beni . . 3717 „

La Paz ist gegenwärtig die blühendste Stadt Bolivias. Ihre Höhe über dem Meeresspiegel übertrifft die der höchsten Pyrenäengipfel um Vieles.

Oruro, nahe am Flusse Desaguadero . . . 3792 Meter.

Diese Stadt hat eine Bevölkerung von 5000 Seelen; sie liegt im Niveau der Thalmitte des Desaguadero, und bildet den Mittelpunkt eines durch seine Bergwerke sehr reichen Districts.

Coxamarca, in der Provinz Livertura . . . 2860 Meter.
Micuicampa, in derselben Provinz . . . . 3618 „

Die Stadt Coxamarca ist in der Eroberung Perus durch die Leiden, welche der Inca Atahualpa erduldete, berühmt. Micuicampa ist bekannt durch seine Silbergruben.

Puno, am westlichen Ufer des Titicacasees . 3911 Meter.

Die Bevölkerung von Puno beläuft sich auf 5000 Seelen.

Chucuito . . . . 3970 Meter.

Diese Stadt, höher gelegen als der höchste Gipfel in Tyrol, hatte vor dem durch Tupac Amaru erregten Aufstande der Indier 30000 Einwohner.

Potosi, im höchsten Theile . . . . 4166 Meter.

Potosi befindet sich also in der Höhe der Spitze der Jungfrau, eines der höchsten Alpengipfel im Canton Bern.

Totoral, Dorf am nördlichen Fuße des Illimani .	3439	Meter.
Carocollo, ziemlich große Stadt in der Provinz Oruro	3879	"
Lagunillas, Dorf in der Provinz Oruro . . .	4135	"
Calamarca, Stadt in der Provinz la Paz . .	4141	"
Tacora, Indianerdorf am südwestlichen Fuße des denselben Namen tragenden, erloschenen Vulkans	4344	"

Die Republik Ecuador bietet in der Nähe der so thätigen Vulkane Antisana und Rucu-Pichincha ebenso sehr durch ihre furchtbare Nachbarschaft als durch ihre Höhe bemerkenswerthe Orte dar:

Meierei von Antisana . . .	4101	Meter
Stadt Quito	2908	"
Stadt Cuença	2633	"

In Neu-Granada liegt:

Santa Fe de Bogota, in der Höhe von . . 2661 Meter.

Wenn man, die Höhen der Gipfel bei Seite lassend, den wenig merklichen Abfall der mexicanischen Hochebenen hinabsteigt, so findet man nach A. von Humboldt die folgenden Höhen für die Städte, indem man von Süden nach Norden fortschreitet:

Mexico	2276	Meter.	Zacatecas . . .	2450	Meter.
Tula	2052	"	Fresnillo . . .	2208	"
San-Juan del Rio .	1978	"	Durango . . .	2087	"
Queretaro . . .	1940	"	Parros	1520	"
Celaya	1834	"	Satillo	1597	"
Salamanca . . .	1756	"	Chihuahua . . .	1414	"
Guanaxuato . .	2083	"	Cosiquiriachi . .	1911	"
Silao	1802	"	Paso del Norte (am Rio Grande del Norte) . . .	1162	"
Villa de Léon . .	1869	"			
Lagos	1963	"			
Aguas-Calientes .	1908	"	Santa Fe del Nuevo Mexico . . .	2148	"
San-Luis de Potosi	1856	"			

Vierräderige Karren durchfahren diesen ungeheuren Raum von so merkwürdiger Höhe, der von Norden nach Süden nicht weniger als 16° Breite hat.

A. von Humboldt berechnet die mittlere Höhe der Tiefländer Südamerikas zu 195 Meter. Die durch die Vertheilung der Anden über die ganze Oberfläche dieses Landes erzeugte Erhöhung würde 126 Meter betragen. Fügt man noch 24 Meter hinzu für die kleinen Gebirgsgruppen im Osten der Cordilleren, für die Küstenkette von Venezuela, die Sierra Parime, in der Nähe des obern Orinico, und die brasilianischen Hochebenen, so erhält man 345 Meter als mittlere Höhe Südamerikas.

Die ursprüngliche Höhe der Tiefländer Nordamerikas kann zu 144 Meter veranschlagt werden. Die gebirgigen Massen von Merico und Guatemala und die rothen Berge würden durch ihre Vertheilung über das ganze Land eine Erhöhung von 81 Meter geben. Die durch die Alleghanys oder Apalachen erzeugte würde nur 3 Meter betragen. Die mittlere Höhe Nordamerikas kann also zu 228 Meter angenommen werden.

Da die beiden Theile des neuen Continentes an Ausdehnung nicht gleich sind, sondern Südamerika 311000 und Nordamerika 331000 Quadratmeilen einnimmt, so erhält man für die mittlere Höhe der neuen Welt nur 285 Meter über dem Meeresspiegel.

§ 6. Australien.

Ueber die mittlere Höhe von Australien jetzt schon eine Abschätzung zu machen, würde völlig voreilig sein. Wir kennen nur eine sehr kleine Zahl genauer Beobachtungen über die Höhen der Vulkangipfel, namentlich die folgenden:

Mowna-Roa (Hawaii) . .	4838	Meter.
Verapi (Sumatra) . . .	3960	„
Tobreonu (Otaheiti) . . .	2865	„
Taschen (Java)	1949	„
Gohung-Guntur (Java) . .	1855	„
Gonung-Keram (Java) . .	1605	„
Ternate (Molukken) . . .	1247	„

§ 7. Mittlere Höhe des gesammten festen Landes der Erdoberfläche über dem Meeresspiegel.

Die in diesem langen Kapitel aufgeführten Zahlen werden uns in den Stand setzen, die mittlere Höhe des gesammten festen Landes unseres Planeten über dem Meeresspiegel zu bestimmen. Die Zusammenstellung der oben mitgetheilten Berechnungen liefert uns die folgende Tabelle:

	Oberfläche in Quadratmeilen.	Mittlere Höhe in Meter.
Asien	740000	350
Amerika . . .	640000	285
Europa . . .	170000	205

Die auf diese Tabelle gegründete Berechnung der allgemeinen mittleren Höhe gibt 306 Meter, eine Zahl, die durch die Höhenbestimmungen der noch nicht hinreichend erforschten Theile unseres Planeten nicht beträchtlich geändert werden wird.

Diese Zahl von 306 Meter ist viel kleiner als die von Laplace in der Mécanique céleste angenommene. Laplace hatte die mittlere Höhe der Continente und Inseln zu 1000 Meter angesetzt; indeß wollte der berühmte Mathematiker durch diese Zahl nur eine obere Grenze feststellen; er behauptet nur, daß ausgedehnte Continente aus dem Meere haben heraustreten können, ohne daß dadurch große Umänderungen in der Figur des Erdsphäroids veranlaßt worden wären, das die merkwürdige Eigenthümlichkeit besitzt, daß trotz der Höhe einiger isolirten Gipfel, seine Oberfläche nur wenig von derjenigen abweicht, die es beim Uebergange in den flüssigen Zustand annehmen würde.

Sechzehntes Kapitel.

Depression des Bodens in einem großen Theile von Asien.

Rußland und Persien bieten ein geographisches Phänomen dar, das stets sehr auffällig erschienen ist. Es gibt nämlich in diesen Reichen einen großen Landstrich, auf welchem man volkreiche Städte,

sehr ausgedehnte Handelseinrichtungen, äußerst fruchtbaren Boden antrifft, und der dessenungeachtet bedeutend unterhalb des Meeresspiegels liegt. A. von Humboldt gibt die Ausdehnung dieses eingesunkenen Terrains zu 11200 Quadratmeilen an. Damit man die Depression nicht für gering halten, und sie etwa den Fehlern beimessen möge, denen auch die besten Nivellements ausgesetzt sind, wenn sie große Räume umfassen, will ich hinzusetzen, daß das Niveau des caspischen Meeres, und folglich auch das der Stadt Astrachan 24,8 Meter unter dem Spiegel des schwarzen Meeres oder des Oceans liegt. Im südlichen europäischen Rußland sind alle Punkte, die in gleicher Höhe mit dem Spiegel des schwarzen Meeres liegen, in grader Linie 35 bis 45 Meilen vom caspischen Meere entfernt[25]).

Da diese ungeheure Einsenkung eines ganzen Landes, diese Erscheinung, von welcher meines Wissens unsere Erde kein zweites Beispiel zeigt, durch die Wirkung der gewöhnlichen Kräfte sehr schwierig zu erklären schien, so hat man in dieser Rathlosigkeit, wie in so vielen andern Fällen, zu einem Kometen seine Zuflucht genommen.

Bei Ricochetschüssen bemerkt man, daß der getroffene Punkt der Erdoberfläche stets eine merkliche Eindrückung, eine schwache Höhlung zeigt; so soll nun auch die Depression des caspischen Meeres und der umliegenden Landstrecken das Resultat des Ricochement einer Kugel von ungeheuren Dimensionen, nämlich eines Kometen sein.

Bei dem jetzigen Stande des geologischen Wissens würde diese Ansicht Halley's nicht auf allgemeinen Beifall zu rechnen haben. Niemand zweifelt heutzutage, daß die isolirten Kegelberge, daß die längsten und höchsten Gebirgsketten aus den Ebenen der Erde durch Hebung hervorgegangen sind, so wie ich es in den vorhergehenden Kapiteln nachgewiesen habe. Wer aber von Hebung redet, gibt damit zugleich die Erzeugung eines leeren Raumes unter dem umliegenden Terrain, und die Möglichkeit eines späteren Einsinkens des letztern zu.

Blickt man auf die geographischen Karten (Fig. 244 und 246, S. 128), so erkennt man leicht, daß kein Erdtheil soviel gehobene Massen darbietet, als bei Asien der Fall ist. Um das caspische Meer herum finden sich die großen Hochebenen von Iran und Mittelasien, die Ketten des Himalaya, Kuen-lün, Thian-Schan, die armenischen Gebirge,

die Berge von Erzerum und der Kaukasus. Ist nun, ohne einen Kometen zu Hülfe zu rufen, nicht die von A. von Humboldt in seinen Fragments asiatiques aufgestellte Annahme naturgemäß, daß die Hebung der eben genannten ungeheuren Massen hinreicht, um in den zwischen ihnen liegenden Orten ein merkliches Einsinken hervorzubringen? Diese Lösung des merkwürdigen Problems der physikalischen Geographie, welches jene Küstenstrecke des europäischen Rußlands darbietet, würde um so weniger zu ernsten Bedenken Veranlassung geben können, als auch selbst heutzutage in jenen Gegenden, um die es sich hier handelt, der Boden noch nicht auf einen stabilen Zustand gekommen ist, und z. B. der Boden des caspischen Meeres bemerkenswerthe Wechsel von Erhebungen und Senkungen zeigt.

Uebrigens würde die besprochene Thatsache zum großen Theil ihr Auffälliges verlieren, wenn man sie als ein einfaches meteorologisches Phänomen betrachtete. Ein Vergleich wird, wie ich hoffe, diesen Gedanken völlig klar machen.

Wir wollen annehmen, daß eine Insel, wie die Insel Nerita oder Julia mitten in der Meerenge von Gibraltar entstehe, und ihren Eingang verschließe. Sofort wird die lebhafte Strömung des Wassers aus dem atlantischen Ocean ins mittelländische Meer aufhören, und das Niveau des letztern Meeres sinken, denn die gesammte Wassermasse, welche die Flüsse ihm zuführen, reicht, wie es scheint, nicht hin, um dem Verluste durch die Verdampfung das Gleichgewicht zu halten. Während dieses allmälichen Sinkens des Niveau des Meeres müßten jetzt unter Wasser befindliche Strecken aus den Fluten hervortreten, sich den benachbarten Continenten anschließen, indem sie dabei stets, wie auch jetzt, unterhalb des Spiegels des atlantischen Oceans liegen würden. Dies ist vielleicht in der Kürze ganz die Erscheinung am caspischen Meere, besonders wenn man mit einigen Geologen hinzufügt, daß in diesem Meere weite vulkanische Spalten seinen Wassern von Zeit zu Zeit gestatten, sich in das Innere der Erde zu verbreiten, und so die Differenz merklicher zu machen, welche auch ohne dies schon zwischen der jährlich verdunstenden Wassermenge und dem Zuflusse der Wolga und der übrigen Flüsse vorhanden wäre.

Siebzehntes Kapitel.

Tiefe des Meeres.

Der Geist wird sehr natürlich dahin geführt, die Höhen der Berge mit den Tiefen des Oceans zu vergleichen; auch haben die Alten schon solche Betrachtungen angestellt. Plutarch führt im Leben des Paulus Aemilius an, daß eine auf dem Berge Olympus angebrachte Inschrift, die das Resultat der von Xenagoras gemachten Messung angab, so lautete: „Die Mathematiker glauben, daß nirgends die Höhen der Berge und die Tiefen des Meeres zehn Stadien (1847 Meter) übersteigen." Cleomedes spricht dieselbe Ansicht aus, nur vergrößert er die Maxima der Höhen und Tiefen um die Hälfte. „Diejenigen," so sagt er, „welche wegen der Vertiefungen des Meeres und der Erhebungen der Berge an der Kugelgestalt der Erde zweifeln, urtheilen wenig richtig darüber, denn es gibt keinen Berg, welcher höher wäre als 15 Stadien (2770 Meter); und so groß ist auch die Tiefe des Meeres." Unter den Neuern schließt der berühmte Verfasser der Mécanique céleste aus seinen Rechnungen über die Abplattung unserer Erde, daß die mittlere Tiefe des Meeres nur einen kleinen Bruchtheil des Ueberschusses des Aequatorialhalbmessers über den Polarhalbmesser, der oben S. 2 zu 21318 Meter angegeben wurde, betragen könne. Nach dem großen Mathematiker ist die mittlere Tiefe des Meeres von derselben Ordnung wie die mittlere Höhe der Continente und Inseln über sein Niveau. Laplace setzt hinzu: „So wie indeß hohe Gebirge einige Theile der Continente bedecken, so kann es auch große Vertiefungen in dem Bassin des Meeres geben. Doch scheint die Annahme naturgemäß, daß ihre Tiefe kleiner ist als die Erhebung der höchsten Berge; die Ablagerungen der Flüsse und die Ueberreste der Seethiere, die durch die Strömungen fortgerissen werden, müssen auf die Länge die Vertiefungen ausfüllen."

Nach A. von Humboldt muß man vermuthen, daß die Tiefe des Meeres, anstatt der mittleren Höhe der Continente nur gleich zu sein, wenigstens fünf bis sechs Mal größer ist als diese.

Thomas Young glaubte aus der Theorie der Ebbe und Flut

herleiten zu können, daß die mittlere Tiefe des Meeres 4800 Meter betrüge; dieselbe Zahl hat auch Daubuisson angenommen.

Was sagen die directen Beobachtungen? Sie sind mit den bis jetzt ausgedachten Verfahrungsarten schwer auszuführen, weshalb es nur eine kleine Anzahl von Sondirungen gibt, denen man Zutrauen schenken kann. Seit einigen Jahren hat die Regierung der Vereinigten Staaten das Bett des Meeres unter die Objecte aufgenommen, welche auf öffentliche Kosten besonders untersucht werden sollen; es steht daher zu erwarten, daß dieser Gegenstand rasche Fortschritte machen wird.

Die nachstehende Tabelle gibt die größten bis jetzt beobachteten Tiefen.

Tiefe.	Breite.	Länge.	Beobachter.
14091^{m}	36°49′ südl.	39°36′ westl.	Denham
10422	31 59 nördl.	61 3 „	Walsh
8823	32 6 nördl.	47 7 „	Baron
8412	13 3 nördl.	25 14 „	James Roß
5368	27 0 südl.	31 20 „	Goldsborough.

Die am 30. October 1852 vom Kapitän Denham, Befehlshaber des Herald, gemessene Tiefe von 14091 Meter übertrifft die Höhe des Kintschinjinga, des höchsten Berges, am 5499 Meter. Zwischen dem Gipfel dieses Berges und dem tiefsten vom Kapitän Denham beobachteten Punkte liegt ein verticaler Abstand von 22683 Meter, der also größer ist als der Ueberschuß des Aequatorialhalbmessers der Erde über den Polarhalbmesser.

Achtzehntes Kapitel.

Das Innere der Erde.

Bei der Betrachtung der Erscheinungen im Großen, welche die Oberfläche unseres Planeten uns darbietet, haben wir die unverkennbarsten Spuren der Wirkung des Feuers gefunden. Die äußere Schicht der Erde ist uns als eine erstarrte Rinde erschienen mit Erhöhungen und Vertiefungen, die ihre Entstehung einer Art Wettkampf zwischen

zwei entgegengesetzten Kräften verdanken, nämlich der außerordentlichen Hitze, worauf die von den Vulkanen ausgeworfenen glühenden Laven hinweisen, und einer sehr großen Kälte, welche die schneebedeckten Gipfel der Alpen, der Cordilleren, des Himalaya, und anderer großen Bergketten, deren Höhen und Volumen wir bestimmt haben, anzeigen. Jene Gebirgsketten, jene majestätischen Ströme, welche aus ihren Gletschern entspringen, und ihre ungestümen Wogen bis zum Ocean fortwälzen, jene ungemessenen Tiefen des Meeres, dessen Abgründe wir zu sondiren versucht haben, jene Continente, deren Alter durch unvertilgbare Faltungen, welche die Untersuchung ihrer Configuration erkennen lehrt, bezeugt wird: dies Alles sind nur mikroskopische Erscheinungen auf der ungeheuren Schlacke, welche die Erdkruste bildet.

Die Idee einer Centralwärme auf der Erde ist keineswegs neu. Descartes glaubte, daß im Anfange die Erde in Nichts von der Sonne verschieden gewesen, außer daß sie kleiner war. Dieser Hypothese hat sich Leibniz angeschlossen, und daraus die Entstehungsweise der verschiedenen festen Hüllen, aus denen der Erdkörper besteht, herzuleiten versucht. Im vorhergehenden Bande S. 391 haben wir gesehen, daß Buffon dieselbe Annahme durch das Gewicht seiner beredten Autorität stützte; nach der Ansicht dieses großen Naturforschers sollten die Planeten des Sonnensystems bloße Theilchen von der Sonne sein, die ein Stoß von Kometen vor einigen Tausend Jahren von ihr losgerissen hätte.

Zum Beweise des feurigen Ursprunges unserer Erde führen schon Mairan und Buffon die hohe Temperatur tiefer Schachte an. Die neueren Beobachtungen in vielen Gruben, sowie die Bestimmungen der Temperatur des aus verschiedenen Tiefen kommenden Wassers geben als Gesammtresultat eine Zunahme von 1° C. für ungefähr 30 Meter Tiefe. Diese Beobachtungen werden sich in einem Kapitel meines Aufsatzes über die artesischen Brunnen (im 6. Bde.) zusammengestellt finden. Nimmt man einen gleichen Zuwachs der Temperatur für jede weitere Tiefe an, so findet man, daß in einer Tiefe von 4 bis $4^1/_2$ Meilen, unterhalb der von uns bewohnten Oberfläche, d. h. in einer Tiefe, welche nur 4 bis 5 Mal die Höhe der höchsten Berge übertrifft, die durch ihren sehr großen Widerstand beim Schmelzen bekannten

Substanzen, in geschmolzenem Zustande sein müßten; denn in einem Briefe Mitscherlich's an meinen Freund A. v. Humboldt finde ich folgende Stelle: „Man hat die Temperaturen, bei welchen die metallischen Substanzen schmelzen, bedeutend übertrieben. Die Flamme des in der Luft brennenden Wasserstoffs besitzt nur eine Temperatur von 1560° C. In dieser Flamme schmilzt das Platin. Der Granit schmilzt bei einer niedrigeren Temperatur als das reine Eisen; er schmilzt bei ungefähr 1300°; Silber schmilzt bei 1023°. Setzt man für jedes Meter Tiefe eine Temperaturzunahme von 0,033°, so erhält man für 40000 Meter Tiefe eine Temperatur von 1320°; dabei bildet aber der Granit eine flüssige Masse."

40000 Meter (5 geograph. Meilen) wären also ein angenäherter Werth für die Dicke der Erdrinde. Eine solche aus Beobachtungen, die jedoch leider sich nur auf eine zu geringe Tiefe (von ungefähr 650 Meter) beziehen, abgeleitete Folgerung genügt, um über die von den inneren flüssigen Massen gegen die schwachen Theile der festen Hülle unseres Planeten ausgeübte Rückwirkung Auskunft zu geben; das Vorhandensein der Vulkane erklärt sich ohne Schwierigkeit.

Kann indeß die Wärmezunahme, welche die Beobachtung beim Eindringen in die Erde zeigt, nicht aus einer ganz andern Ursache herstammen, als aus dem feurigen Ursprunge unserer Erde? Sollten nicht die Wärmeströme, welche die Sonne seit so vielen Jahrhunderten aussendet, sich in der Masse der Erde haben vertheilen können, dergestalt daß sie darin mit der Tiefe wachsende Temperaturen erzeugt haben? Dies ist eine Hauptfrage, die auf eine bewundernswürdige Weise durch einen berühmten Mathematiker gelöst worden ist. Fourier hat nachgewiesen, daß man bei der Annahme, die Erde habe alle ihre Wärme von der Sonne empfangen, in der Masse derselben eine constante Temperatur für alle Zeiten des Jahres finden müßte, die zwar von einem Klima zum andern sich ändern, aber für jedes Land stets dieselbe bleiben würde. Die Thatsachen verneinen aber diese Folgerung. Man verdankt also Fourier den Beweis für die Wahrheit des Satzes, daß es in der Erde eine eigene Wärme gibt, welche nicht von der Sonne abhängt. Fourier hat noch mehr gethan; er hat durch die Rechnung gezeigt, daß die Annahme einer Centralwärme, daß die Hypothese von dem flüssigen

Zustande der Masse des Erdkörpers in der Tiefe von wenigen Meilen nur einen unmerklichen Einfluß auf die eigenthümliche Temperatur der Oberfläche ausübt. Das unheilvolle Erstarren der Erde, dessen Eintritt Buffon für den Augenblick festsetzte, wo die letzte centrale Wärme sich ganz verloren haben würde, ist also ein Traum. Nur äußerlich noch ist die Erde von der Sonnenwärme durchdrungen; wir werden di Gesetze dieser Erscheinung aufsuchen müssen, wenn wir uns später mi den Klimaten und den Jahreszeiten beschäftigen.

Ich muß hinzufügen, daß ein anderer Mathematiker, ein würdiger Nebenbuhler Fourier's, sich durch die Hypothese seines Vorgänger nicht befriedigt gefühlt hat. Poisson hat eine Schwierigkeit für di ursprüngliche Wärme in der äußerst hohen Temperatur gefunden, welch der Mittelpunkt der Erde gehabt haben müßte, eine Temperatur, die b Voraussetzung der Zunahme, wie sie aus den in der Nähe der Oberfläch der Erde gemachten Beobachtungen folgt, um $1/30$° für 1 Meter Tie zwei Millionen Grade überschreiten würde. Die einer solchen Temperatur unterworfenen Substanzen würden nach Poisson im Zustand glühender Gase sein. Daraus müßte aber eine elastische Kraft entstehen, welcher die erstarrte Erdrinde nicht widerstehen könnte. Indem Poisson sich auf die Abplattung der Planeten in der Richtung ihr Umdrehungsaxen stützt, glaubt er mit allen Mathematikern, daß dieselbe ursprünglich flüssig gewesen sind; er hält es aber für wahrscheinlic daß das Erstarren vom Mittelpunkte und nicht von der Oberfläch aus begonnen hat, und findet darin ein weiteres Bedenken gegen Mairan's, Buffon's und Fourier's Ansichten.

Um die Zunahme der Temperatur mit der Tiefe, wie sie die Beobachtungen an artesischen Brunnen und in den Erzgruben geben, erklären, nimmt Poisson zu folgenden Betrachtungen seine Zuflucht alle Sterne haben mehr oder minder merkliche eigene Bewegungen; die Sonne ist ein Stern; sie muß daher mit ihrem Gefolge von Planet in verschiedene Regionen des Raumes kommen, ein Schluß, der übrigens durch directe Beobachtungen bewiesen worden ist. Diese Regionen haben aber wahrscheinlich nicht alle dieselbe Temperatur; die Erde beschreibt daher ihre elliptische Bahn um die Sonne bald in einer heißen, bald in einer kalten Region; überall aber muß sie streben,

Temperatur mit der des Mittels, in welchem sie sich bewegt, ins Gleichgewicht zu setzen. Nehmen wir nun an, daß die Erde, nachdem sie auf diese Weise zuvor einer ziemlich hohen Temperatur ausgesetzt gewesen ist, dem Einflusse eines verhältnißmäßig kälteren Mittels unterliegt, so würde die Temperatur augenscheinlich von der Oberfläche nach dem Mittelpunkte hin wachsen; die Erscheinung würde dagegen gerade die umgekehrte sein, sobald man die Temperaturen der Erde beobachtete, wenn dieselbe, nachdem sie zuvor den Einfluß eines kalten Mittels erfahren hätte, in einer verhältnißmäßig heißern Region sich bewegte.

Dies ist in der Kürze die von Poisson ausgesprochene Ansicht, um die mit der Tiefe zunehmenden Temperaturen der Erde zu erklären. Niemandem wird es entgehen, daß es eine nothwendige Folgerung aus dieser Hypothese sein würde, daß die Temperaturen nicht proportional mit der Tiefe wachsen dürften, was aber, wie erwähnt, innerhalb der Grenzen, wo bis jetzt Messungen angestellt sind, mit den Beobachtungen nicht übereinstimmt.

Setzt man eine mit der Tiefe stets proportional wachsende Temperatur voraus, so würde allerdings um den Mittelpunkt der Erde eine Temperatur entstehen, die zwei Millionen Grade überstiege. Die Stoffe würden daselbst in dem Zustande glühender Gase sich befinden, und daraus, wie ich wiederhole, eine elastische Spannkraft hervorgehen, welcher, wie Poisson glaubte, die feste Erdkruste nicht widerstehen könnte. Dieses Bedenken hatte schon früher die Physiker beschäftigt. Um sich aus der Verlegenheit zu ziehen, hatte Leslie das Innere der Erde sich als runde Höhlung gedacht, die von einem imponderabelen, aber mit einer ungeheuren Expansionskraft begabten Fluidum erfüllt wäre. „Diese gewagten und willkürlichen Vermuthungen," sagt mein Freund A. v. Humboldt im Kosmos[26]), „haben in ganz unwissenschaftlichen Kreisen bald noch phantasiereichere Träume hervorgerufen. Die Hohlkugel ist nach und nach mit Pflanzen und Thieren bevölkert worden, über die zwei kleine unterirdisch kreisende Planeten, Pluto und Proserpina, ihr mildes Licht ausgießen. Immer gleiche Wärme herrscht in diesen inneren Erdräumen, und die durch Compression selbstleuchtende Luft könnte wohl die Planeten der Unterwelt entbehrlich machen. Nahe am Nordpol unter 82° Breite, da,

wo das Polarlicht ausströmt, ist eine ungeheure Oeffnung, durch die man in die Hohlkugel hinabsteigen kann. Zu einer solchen unterirdischen Expedition sind Sir Humphry Davy und ich vom Kapitän Symmes wiederholt und öffentlich aufgefordert worden. So mächtig ist die krankhafte Neigung des Menschen unbekümmert um das widersprechende Zeugniß wohlbegründeter Thatsachen oder allgemein bekannter Naturgesetze, ungesehene Räume mit Wundergestalten zu füllen. Schon der berühmte Halley hatte am Ende des 17. Jahrhunderts in seinen magnetischen Speculationen die Erde ausgehöhlt. Ein unterirdisch frei rotirender Kern verursacht durch seine Stellung die tägliche und jährliche Veränderung der magnetischen Abweichung! Was bei dem geistreichen Holberg eine heitere Fiction war, hat man zu unserer Zeit mit langweiligem Ernste in ein wissenschaftliches Gewand zu kleiden versucht.“

In den auf Beobachtungen sich stützenden Wissenschaften muß man in übertriebene Folgerungen und Theorieen Mißtrauen setzen; man muß sich hüten, über die durch sichere Thatsachen bestätigten Folgerungen hinauszugehen. Ist nicht schon ein Resultat erzielt, bei welchem der Geist sich beruhigen kann, wenn durch die Messung der Größe der Abplattung unserer Erde und der mit der Tiefe wachsenden Temperatur der Beweis geliefert wird, daß die Erde einst flüssig gewesen sein muß, und ebenso wie alle Körper, welche erkalten, von der Oberfläche nach dem Mittelpunkte zu allmälich erstarrte? Welches sind aber die Verfahren, die uns erlaubt haben, die Abplattung der Erde mit Genauigkeit zu messen? Die Beantwortung dieser Frage soll uns jetzt beschäftigen.

Neunzehntes Kapitel.

Bestimmung der geodätischen Breiten. — Repetitionskreise.

Um die Gestalt unserer Erde mit Genauigkeit zu bestimmen, muß man an verschiedenen Punkten der Erdoberfläche einen Meridianbogen und einen Bogen auf dem Parallel (Längengrad) messen. Das erste Erforderniß, wenn man eine solche Messung unternimmt, ist die genaue

Bestimmung der Lage der Oerter; man muß zunächst von jeder Station die Breite und die Länge (6. Kap. S. 204) zu finden im Stande sein.

Wir wissen bereits (6. Buch, 6. Kap. S. 204 des ersten Bandes der Astr.), daß unter Breite eines Ortes die Höhe verstanden wird, in welcher daselbst der Pol über dem Horizonte erscheint, oder, was dasselbe ist, der Abstand des Zeniths vom Aequator, oder das Complement der Distanz des Pols vom Zenith. Daraus folgt unmittelbar, daß man, um die Breite eines Ortes zu bestimmen, die Zenithdistanzen eines und desselben Sternes, z. B. des Polarsterns, bei seiner oberen und unteren Culmination im Meridiane des Ortes messen muß; diese beiden Winkel sind wegen der Strahlenbrechung zu verbessern; man nimmt daraus das Mittel und erhält die Zenithdistanz des Poles, deren Ergänzung zu 90 Graden endlich die Polhöhe selbst gibt.

Die bei derartigen Messungen anzuwendenden Instrumente bestehen aus getheilten Kreisbogen, ganzen Kreisen, Sectoren oder Quadranten, um deren Mittelpunkt parallel mit den Ebenen der Kreise sich Fernröhre drehen, mittelst deren man nach den Sternen visirt. Zwei Instrumente der Art, nämlich der Theodolit und der Mauerkreis, wurden bereits beschrieben (Fig. 89, 93 und 94 im ersten Bande der Astron.). Alle beruhen auf dem Principe, dessen Anwendung bei Bestimmung der gegenseitigen Winkelabstände der Sterne (6. Buch, Kap. 1, S. 187 des ersten Bandes der Astr.) und ihres Winkelabstandes vom Aequator, d. h. der Declinationen (8. Buch, Kap. 2, S. 262 des ersten Bandes der Astr.) bereits gezeigt wurde. Dies ist eine der schwierigsten und zugleich wichtigsten Untersuchungen, welche ein Beobachter unternehmen kann; deshalb haben sich mit ihr stets die berühmtesten Astronomen und Künstler beschäftigt. Allbekannt sind — um nicht zu noch entlegeneren Zeiten zurückzugehen — die colossalen Instrumente, welche Tycho, ferner der Landgraf von Hessen und Hevel zum Behufe ihrer Beobachtungen der Winkelabstände der Sterne herstellen ließen. Aber diese Beobachtungen, obgleich sie auch ohne Zweifel vollkommener waren als diejenigen, welche uns Ptolemäus aufbewahrt hat, ließen nichtsdestoweniger viel zu wünschen übrig; denn erlaubten auch die großen Dimensionen kleine Unterabtheilungen auf dem Limbus zu erkennen, so gewannen die Beobachtungen dennoch

nicht erheblich an Genauigkeit, indem der Fehler der Einstellung den der Ablesung übertraf.

Dem letztgenannten Fehler wurde erst durch die Fernröhre abgeholfen, indem sie durch Vergrößerung der Gesichtswinkel, unter denen entfernte Gegenstände erscheinen, Räume erkennen lassen, die ihrer Kleinheit wegen dem bloßen Auge unbemerkbar bleiben müßten. Indessen wurden diese Instrumente lange Zeit hindurch nur bei solchen Beobachtungen, wo es auf das bloße Sehen ankommt, verwendet, z. B. zur Bestimmung der Durchmesser und Lichtgestalten der Planeten, zur Beobachtung der Stellungen der Jupitermonde und ihrer Finsternisse u. s. w. Simon Morin kam zuerst auf den Gedanken, das Fernrohr an ein getheiltes Instrument anzubringen, und die ersten genauen Beobachtungen mit solchen Apparaten verdanken wir Picard und Auzout. Diese Erfindung, mit welcher die Genauigkeit der neueren Astronomie beginnt, ist von solcher Wichtigkeit, daß die englischen Gelehrten glaubten sie für ihre Landsleute in Anspruch nehmen zu müssen; indessen wurde sie in der ersten Zeit von manchen Astronomen, unter ihnen Hevel, verworfen. Hevel nämlich, dessen zahlreiche Arbeiten mit bloßen Dioptern ausgeführt waren, wollte für diese letzteren, trotz der Einwendungen Hooke's, den Vorzug in Anspruch nehmen, und schon hatte das große Ansehen, das er genoß, mehrere Beobachter für dieselbe Ueberzeugung gewonnen, als die Erdmessung, welche Picard ganz mit Instrumenten der neuen Construction ausführte, den großen Vorzug dieser letzteren ans Licht stellte und jeden Zweifel verscheuchte. Indessen stellt sich bei Anwendung dieser Instrumente eine Schwierigkeit ein, auf welche Hevel viel Gewicht gelegt hatte, und welche von der andern Schwierigkeit herrührt, die Lage der optischen Axe des Fernrohrs gegen die Theilungen auf dem zugehörigen Kreisbogen genau zu bestimmen. Picard's Werk über seine Gradmessung enthält eine Darstellung verschiedener Methoden, um diese Berichtigung auszuführen; die einzige aber, welche einiger Genauigkeit fähig zu sein scheint, ist die Methode des Umwendens. Sie besteht darin, denselben Stern in zwei diametral verschiedenen Lagen des Instrumentes zu beobachten; bei dieser Anordnung bewirkt nämlich der Nichtparallelismus der optischen Axe und der Nulllinie entgegengesetzte Fehler in den

beiden einzelnen Messungen, dergestalt daß beide voneinander um die doppelte Größe des Winkels, den die genannten beiden Linien miteinander bilden, verschieden ausfallen, d. h. um das Doppelte derjenigen Größe, welche die Astronomen den Collimationsfehler nennen; bei Sectoren bestimmt man denselben durch Zenithalsterne; dann ergibt die Vergleichung der vollständigen Beobachtungen am Sector mit den an sich unvollständigen Beobachtungen eines unbeweglichen Instrumentes den Collimationsfehler dieses letzteren. Bei dem Verfahren des Umwendens ist es erforderlich, daß der Bogen des zu prüfenden Instrumentes über die Verticallinie durch den Mittelpunkt nach beiden Seiten hinausreiche; in der That, sobald der Gradbogen eines Mauerquadranten mehr als 90 Grade faßt, läßt sich das Instrument wie ein Sector dadurch berichtigen, daß man Kreis Ost und Kreis West beobachtet. Zum Behufe des Umlegens hat man auf einigen Sternwarten sinnreiche Vorrichtungen; doch ist es um so mißlicher, sich ganz auf dieselben zu verlassen, als man diese Operation nothwendiger Weise sehr häufig wiederholen muß, und Erschütterungen dabei fast unvermeidlich sind. Uebrigens kann man die Frage aufwerfen, ob nicht die beiden erwähnten Methoden dem Einwurfe ausgesetzt seien, daß sie den Collimationsfehler für diejenigen Punkte des Instrumentes bestimmen, für welche die Kenntniß desselben am wenigsten erforderlich ist, insofern nämlich in unseren Breiten die Planeten stets ziemlich weit vom Zenith culminiren. Die Unterscheidung, welche ich hier zwischen den Collimationsfehlern der verschiedenen Theilpunkte des Kreises mache, scheint mir um so gegründeter, als derjenige Theil dieser Fehler, der möglicher Weise von der Biegung des Fernrohrs abhängt, beträchtlich verschieden ausfallen muß, je nach der größeren oder geringeren Höhe des beobachteten Gestirnes; ganz Aehnliches wird auch für den Theil gelten, den man aus der Excentricität herleiten muß, nämlich von dem Umstande, daß die Mittelpunkte der Drehung des Instrumentes und der Theilung des Kreises nicht vollkommen zusammenfallen.

Ersetzt man, nach Römer's Vorgange, die Sectoren durch Vollkreise, so wird das Instrument, bei unveränderter Größe, schwer zu handhaben; dagegen erlangt man die Möglichkeit, das Instrument,

bei jedweder Höhe des zu beobachtenden Gestirnes, umwenden zu können. Mit einem derartigen Instrumente hat Piazzi, wie den Astronomen hinlänglich bekannt ist, die zahlreichen und vortrefflichen Beobachtungen angestellt, deren Resultate wir in seinem Sternkataloge besitzen. Indessen darf man nicht übersehen, daß der Beobachter, ohne es zu wissen, bei allen diesen Methoden noch immer Fehler von mehreren Sekunden begehen kann, wenn sein Kreis nicht gut getheilt ist; denn obgleich er aus der größeren oder geringeren Uebereinstimmung der einzelnen Resultate allerdings das Maaß der Unsicherheit kennen lernt, die vom Ablesen und vom Einstellen herrühren kann, wird er doch keinen Anhalt haben, um die constanten Fehler zu erkennen, die in jeder Beobachtung eines und desselben Sternes noch vorhanden sein können.

Nachdem im Vorstehenden diejenigen Fehler in Kürze angegeben wurden, welche man bei den Beobachtungsmethoden, die bis Anfang gegenwärtigen Jahrhunderts bei Bestimmung der Declinationen der Sterne ausschließlich in Gebrauch waren, zu befürchten hat, wende ich mich nun zu einer ausführlicheren Untersuchung desjenigen Instrumentes, das zur Bestimmung der terrestrischen oder geodätischen Breiten angewandt wird und das den Namen Repetitionskreis oder Wiederholungskreis führt. In der Akademie der Wissenschaften ist vor Kurzem behauptet worden, man könne mittelst der Repetitionskreise diejenige Genauigkeit nicht erreichen, welche der heutige Zustand der Wissenschaft fordert; ich werde hier das Gegentheil dieser Behauptung beweisen durch Gründe, welche ich für entscheidend halte. Uebrigens wird es nur einer kurzen Auseinandersetzung bedürfen, um den Leser in den Stand zu setzen, über diesen Punkt sich selbst ein Urtheil zu bilden. Ich gehe dabei gleich Anfangs von der Annahme aus, daß der Beobachter bei einer geodätischen Arbeit keineswegs beabsichtigt, genauere Beobachtungen anzustellen, als der Astronom auf einer festen Sternwarte, dem die kräftigsten Instrumente zu Gebote stehen und der über alle Hülfsmittel verfügt, die man in großen Anstalten dieser Art vereinigt findet. Mit einem Worte, ich nehme an, daß man sich unbedenklich an die Declinationen halten kann, wie sie unsere besten Fixsternkataloge enthalten. Wollte man mir diese Voraussetzung

nicht zugestehen, so könnte ich darauf aufmerksam machen, daß dieselbe Unsicherheit und derselbe Zweifel auch allen denjenigen Beobachtungen anhaftet, die man mit solchen Instrumenten angestellt hat, welche auf Kosten der Repetitionskreise so außerordentlich gelobt und empfohlen wurden.

Der göttinger Astronom Tobias Mayer, der bei den Astronomen und Physikern in so wohlverdientem Ansehen steht, kam zuerst auf den Gedanken, sowohl den Kreis als auch das Fernrohr drehbar zu machen, und sich durch diesen Kunstgriff, in Verbindung mit dem des Umwendens, die Möglichkeit zu verschaffen, den zu messenden Bogen nach und nach auf die verschiedenen Stellen des Gradbogens zu bringen, dabei jedesmal von demjenigen Punkte ausgehend, den das Fernrohr bei der vorhergehenden Beobachtung einnahm. Der Fehler, der in dem Vielfachen des Winkels bei dieser Beobachtungsart möglicherweise zurückbleibt, ist nicht größer als derjenige Fehler, den man bei einmaliger Messung zu befürchten hätte; wird aber derselbe zuletzt durch die Anzahl der Wiederholungen dividirt, so läßt er sich offenbar so weit verkleinern, als man will. Von diesem sinnreichen Gedanken hätte Mayer gewiß großen Vortheil gezogen, wäre er nicht durch allzufrühen Tod den Wissenschaften entrissen worden, die er so erfolgreich betrieb; es wird sogar versichert, er habe bereits einen Repetitionskreis ausführen lassen, doch scheint es nicht, als sei mit einem derartigen Instrumente vor der geodätischen Verbindung der pariser und der greenwicher Sternwarte jemals wirklich beobachtet worden.

Erst bei Gelegenheit dieser Operation ließ Borda durch den geschickten französischen Künstler Lenoir einen Kreis von vier Decimeter im Durchmesser bauen, der zugleich mit großen Quadranten bei der Messung einiger von den Dreiecken verwandt wurde, die Frankreichs und Englands Küsten miteinander verbinden; hauptsächlich aber erkannte man den Werth dieser Instrumente durch zahlreiche Prüfungen, denen man sie gelegentlich der großen Messungen des französischen Meridianbogens unterzog. In der That ist es bekannt, daß die Winkel aller Dreiecke zwischen Dünkirchen und Barcelona mit Repetitionskreisen gemessen wurden, ebensowohl die Breiten und Azimute dieser Endpunkte als auch verschiedener Zwischenstationen. Diese große

Arbeit, so wichtig durch das Ziel, das man dabei im Auge hatte, ist mit all' der Genauigkeit durchgeführt worden, die man von der großen Geschicklichkeit der beiden Astronomen, Delambre und Méchain, welche damit beanftragt waren, und von der Güte der dabei angewandten Instrumente zu erwarten berechtigt war. Die dadurch gewonnenen Resultate haben bereits als Ausgangspunkte zur Vergleichung bei allen andern derartigen Operationen gedient, und werden dieselbe Wichtigkeit auch für alle späteren Unternehmungen behalten, welche man, gleichviel in welcher Gegend der Erde, noch ausführen wird.

Die Figuren 250 und 251 stellen einen Borda'schen Repetitionskreis dar. Er besteht aus einem eingetheilten Kreise, getragen von einem Fußgestelle, das ihn in alle möglichen Lagen zu bringen gestattet, und ist mit zwei Fernröhren mit Fadenkreuzen versehen. In Figur 250, S. 203 sieht man ihn perspectivisch in einer geneigten Lage, so wie man ihn anwendet bei Azimutalbeobachtungen. Figur 251, S. 204 dagegen zeigt den Kreis in verticaler Stellung, in welche man ihn bei Beobachtung von Zenithdistanzen zu bringen hat. Die Zeichnungen dieses vortrefflichen Instrumentes entnehme ich dem zweiten Bande von Delambre's Base du système métrique décimal; ich beschränke mich darauf, die Beschreibung, welche Delambre davon gegeben hat, abzukürzen und zu vervollständigen. Ich halte es für Pflicht eines Verfassers, keine Gelegenheit ungenutzt vorübergehen zu lassen, um bei der Nachwelt das Andenken an Arbeiten zu erhalten, welche gleichzeitig die Wissenschaft und das Vaterland ehren; indessen haben nicht wenige Verfasser von Lehrbüchern der Astronomie das obengenannte Werk des gefeierten, thätigen Akademikers ausgeschrieben, ohne die Quelle nur zu nennen, aus der sie so reichlich schöpften.

In Fig. 250 erblickt man den in viertausend Theile eingetheilten Kreis; ferner die sechs Radien, welche die Fernröhre und Axe tragen; das obere, im Mittelpunkte angebrachte Fernrohr, endlich die vier Alhidaden mit ihren Nonien und Mikroskopen. Die Alhidaden 1 und 3 haben eine Klemmschraube a, durch welche sie am Gradbogen festgestellt werden, und eine Schraube b für die feine Bewegung, um das Fernrohr genau auf ein bestimmtes Object einzustellen. Stets wird nur eine der beiden Klemmschrauben angezogen, und zwar diejenige,

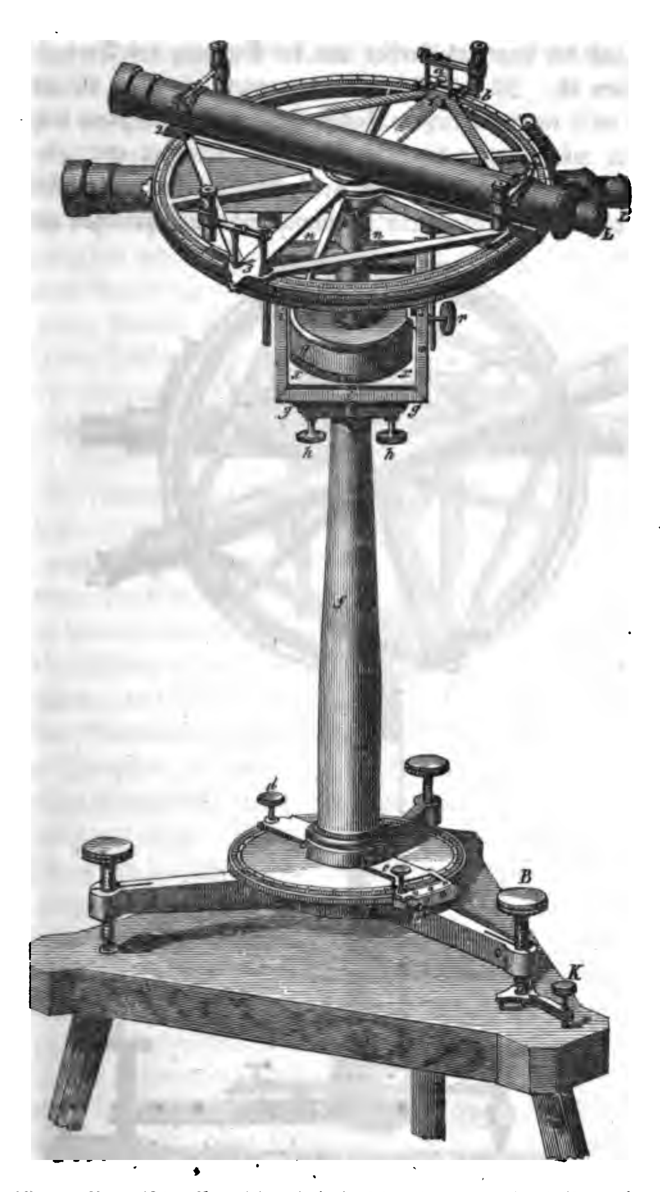


Fig. 250. — Borda'scher Repetitionskreis in seiner Lage zu Azimutalbeobachtungen.

welche je nach der Lage des Kreises und der Stellung des Beobachters die bequemere ist. Ist eine Schraube angezogen, so muß die andere frei sein, weil entgegengesetzten Falles keine freie Bewegung möglich wäre; man würde sogar die feine Schraube verdrehen oder gänzlich unbrauchbar machen, wollte man sie heftig drehen, ohne an den Widerstand zu denken, den die zweite Klemmschraube entgegensetzen müßte.

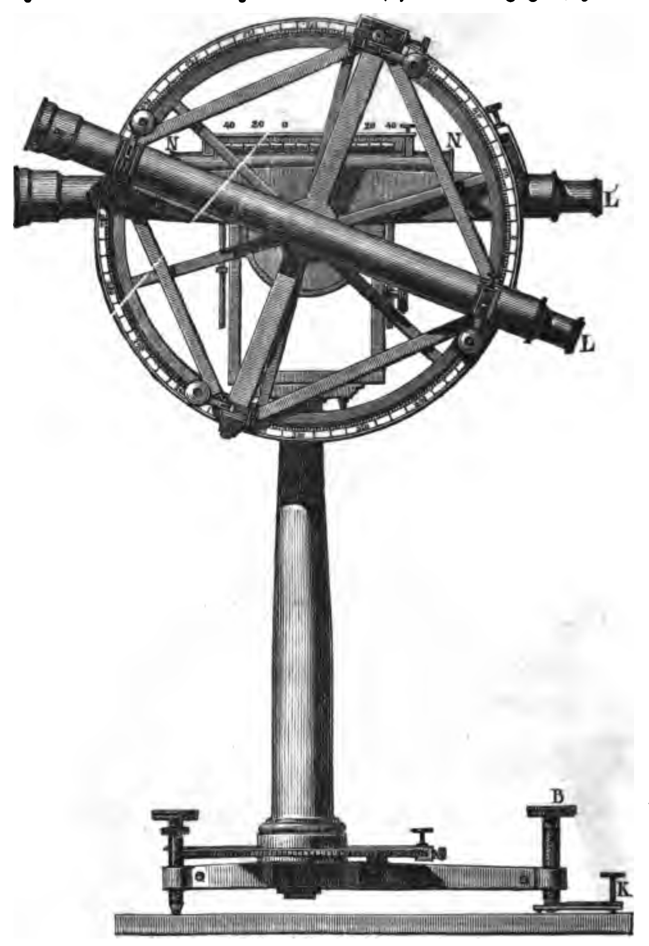


Fig. 251. — Borda'scher Repetitionskreis in seiner Lage zur Messung von Zenithdistanzen.

Auf der schmalen Seite des Kreises bemerkt man wiederum eine Rille, welche ihn in zwei concentrische Gradbögen theilt, einen oberen und einen unteren; wodurch es möglich wird, während eines der Fernröhre in der erforderlichen Stellung unverrückt stehen bleibt, dem andern jedwede nothwendige Bewegung zu geben, es sogar um die Axe rundum zu führen, ohne daß eines der Stücken hinderlich wäre, welche zur Befestigung des ersten Fernrohrs dienen. Das untere Fernrohr ist in der Figur theilweise von dem Kreise verdeckt; es ist excentrisch angebracht, hat weder Nonius noch vierfache Alhidade, ist dagegen in derselben Weise am Instrument befestigt, und mit denselben Schrauben versehen, wie das obere Fernrohr, dem es an Größe und Gestalt übrigens gleicht.

Der Fuß, der diesen Apparat trägt, steht auf drei Schrauben, welche ihrerseits drei Speichen tragen, auf denen sich der Azimutalkreis befindet. Mittelst einer Klemmschraube d wird die Alhidade auf einen beliebigen Theilpunkt dieses Kreises festgestellt; bei gelöster Schraube d stellt man mittelst des Kopfes e einer Führung die Alhidade auf einen beliebigen Punkt des Azimutalkreises, während man das Fernrohr auf den zu beoachtenden Gegenstand richtet; mittelst der Schraube E läßt sich die Führung beliebig an die Zähne am Rande des Azimutalkreises andrücken. In der cylindrischen Säule f befindet sich die Umdrehungsaxe des Instrumentes um die Verticallinie. Diese Säule endet in einem Querstücke gg, an welches sich mittelst zweier Schrauben hh ein doppeltes Winkelstück ilm schließt, das seinerseits die horizontale Drehungsaxe nn trägt. Senkrecht auf dieser Umdrehungsaxe steht die Büchse pp, in der sich die Axe des Repetitionskreises befindet. Letztere Axe endigt im Mittelpunkte der entfernteren Fläche der Trommel qq, wo sie in einer Schraube ausläuft, die man in Figur 255 erblickt. Diese Trommel qq befindet sich zwischen den Seitenarmen des doppelten Winkelstückes; sie ist gewissermaßen ein hohles, mit Blei ausgegossenes Rad, dient als Gegengewicht für den Kreis in geneigter oder verticaler Lage, und gestattet den Kreis langsam oder schnell um seine Axe zu drehen. Die Schraube ohne Ende t, welche in die Zähne xx der Trommel eingreift, dient für die feine Bewegung; an die Trommel wird diese Schraube durch die starke Feder u angedrückt (Fig. 252, S. 206). Mittelst des Schlüssels v löst man die Schraube t durch

Zurückdrücken der starken Feder, wodurch dann die Bewegung frei wird. Die Figuren 255 und 256 zeigen diese Feder sowohl angedrückt als offen. In letzterem Falle ist die Trommel frei, und der Kreis läßt sich schnell um seine Axe drehen.

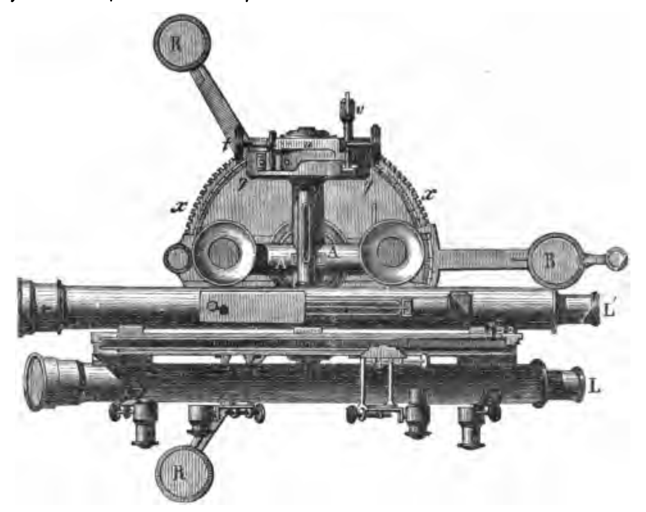


Fig. 252. — Borda'scher Repetitionskreis von oben und von der schmalen Seite gesehen.

Die Schraube r (Fig. 250 auf S. 203), die sich an einem der Seitenarme des Winkelstückes zeigt, dient dazu, einen kleinen Quadranten ss, der sich an dem einen Ende der Drehungsaxe befindet, festzuklemmen; mittelst dieses Quadranten wird man die Ebene des Kreises in irgend einer geneigten Lage feststellen. Bisweilen bringt man an denselben außerdem noch eine Schraube ohne Ende an, wodurch die Azimutalbeobachtungen und die genaue Verticalstellung des Kreises bedeutend erleichtert werden.

Die drei messingenen Fußschrauben des Instrumentes (Fig. 250 und 251) stehen auf Fußplatten, die auf der oberen Fläche des Holzgestelles befestigt sind. Mittelst dieser festen Platten oder Löcher läßt sich das Instrument stets wieder genau in die Lage bringen, die es zu anderer Zeit, bei andern Beobachtungen eingenommen hatte; auch wird durch dieselben, trotz der Drehung der Schrauben, das Feststehen

des Instrumentes gesichert, während ohne diese Einrichtung das Instrument sich verschieben würde und die Fernröhre von den eingestellten Objecten verrückt werden könnten. Die Fußschraube B, welche die

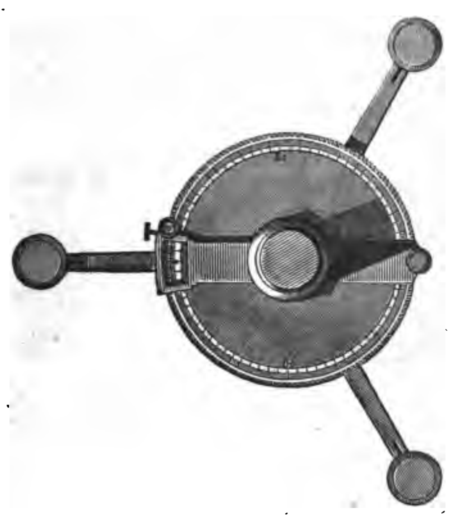


Fig. 253. — Obere Ansicht des Azimutalkreises.

Aufstellung regulirt, würde sich, infolge der Dicke ihrer Gänge, weder hinlänglich langsam noch regelmäßig genug umdrehen. Ein kleines, dreieckiges Stück, das in Figur 254 besonders dargestellt ist, wirkt als



Fig. 254. — Kleines dreieckiges Stück unterhalb der Meridian-Fußschraube des Repetitionskreises.

Hebel auf die große Schraube B (Fig. 250 und 251); da die kleinere Schraube K, welche das Dreieck hebt oder senkt, fein geschnitten ist, so erhält man dadurch eine langsame und sehr sanfte Bewegung.

Ich habe bereits erwähnt, daß man zur Messung von Zenithdistanzen den Kreis vertical stellt, so wie ihn Fig. 251 abbildet. In dieser Figur bemerkt man das Niveau NN, das an das untere Fernrohr L′ angebracht ist; auf diesem Niveau sind, von der Mitte

aus nach beiden Seiten hin, auf einer Scale Theilungen von 0 bis 50 angebracht, an denen man die jedesmalige Stellung der Luftblase ablesen kann, welche letztere größer oder kleiner wird, jenachdem die Temperatur fällt oder steigt. Die Enden der Blase müssen auf beiden Seiten gleiche Theilstriche berühren, z. B. die Striche 16 und 16, wenn das Niveau in dem Augenblicke richtig stehen soll, wo der Beobachter den Faden des Fernrohrs L auf den Gegenstand einstellt, dessen



Fig. 255. — Feder, welche die Schraube an die Zähne der Trommel des Repetitionskreises andrückt.

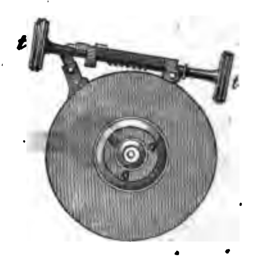


Fig. 256. — Die starke Feder am Repetitionskreise in geöffneter Stellung.

Zenithdistanz er messen will. Uebrigens wird das Niveau bei allen Sonnenbeobachtungen durch einen besondern Aufsatz gegen die directen Sonnenstrahlen geschützt. Dieser Aufsatz, welcher auf dem Niveau angebracht ist, fehlt zur Hälfte in Figur 252, damit sowohl die Luftblase als auch die Scale des Niveau sichtbar seien. Daneben erblickt man die Umdrehungsaxe, ferner die senkrecht darauf angebrachte Büchse, auf der das kleine Niveau befestigt ist; endlich die Trommel, von ihrer schmalen Seite gesehen. Mittelst dieses auf der Büchse angebrachten kleinen Niveau läßt sich die Säule f ohne Beihülfe des Bleilothes genau vertical stellen; man bedient sich zu dem Zwecke zweier Schrauben AA, welche auf eine Feder wirken. An den Enden trägt die Umdrehungsaxe zwei Lichtständer k, auf denen man bei nächtlichen Beobachtungen Kerzen anbringt; den einen derselben zeigt Figur 257, S. 209 in verticaler Projection.

Wenn man Zenithdistanzen terrestrischer Gegenstände mißt, und selbst wenn man Sonnen- oder Sternbilder zur Berichtigung des Uhrstandes nimmt, reicht das kleine Niveau vollständig hin, um Säule

und Kreis vertical zu stellen; bei Breitenbestimmungen hingegen ist die Anwendung des Bleilothes bei Weitem sicherer. Die kleinen Klemmstücke Pp, von denen das eine zur Verticalstellung der Ebene möglichst hoch auf den oberen Rand, das andere möglichst tief auf den untern Rand aufgesteckt wird, sind in der Vorn- und Seitenansicht in den Figuren 258 und 259 dargestellt. An der oberen Klemme P ist der Faden des Bleilothes befestigt, der genau über eine auf dem unteren Klemmstücke p angebrachte Marke wegstreichen muß.

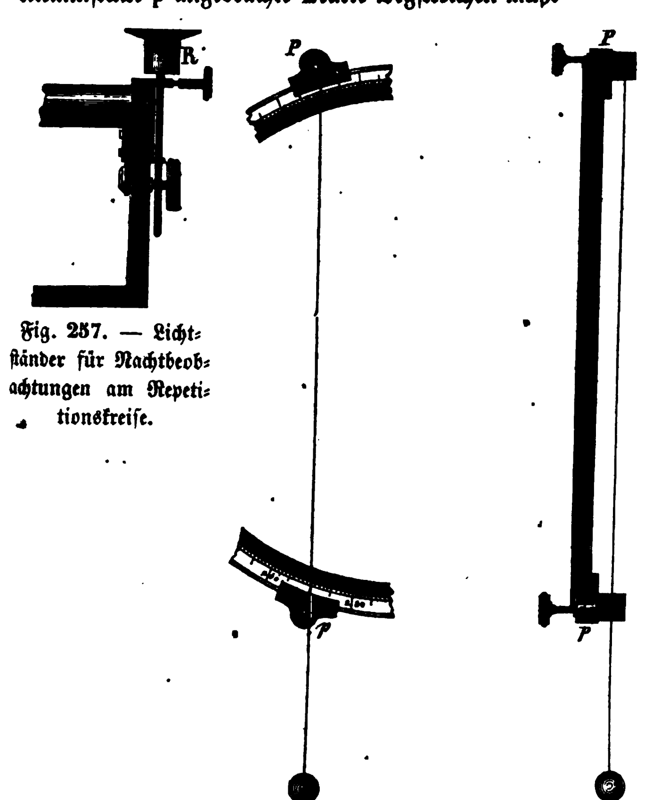


Fig. 257. — Lichtständer für Nachtbeobachtungen am Repetitionskreise.

Fig. 258. — Vornsicht des Stückes, welches am Borda'schen Repetitionskreise das Bleiloth trägt.

Fig. 259. — Seitenansicht der Stücke, welche das Bleiloth am Borda'schen Repetitionskreise tragen.

Vor Beginne einer Beobachtung irgend welcher Art hat man zu untersuchen, ob die optische Axe der Fernröhre der Instrumentenebene parallel ist. Zum Behufe dieser Prüfung stellt man das Instrument auf seinem Fuße dergestalt, daß die eine Speiche des Fußgestelles sich in der Richtung nach einem entfernten Objecte am Horizonte befindet, und daß die Umdrehungsaxe senkrecht darauf steht. Hierauf richtet man die Instrumentenebene auf das Object, indem man das Instrument zunächst um seine Rotationsaxe dreht und dann, wenn für diese Drehung keine feine Bewegung vorhanden ist, die genaue Stellung vermittelst der Schraube des dem Objecte zugewandten Fußes herbeiführt. Hierauf richtet man das Fernrohr L auf das im Horizonte belegene Object, und stellt in dieselbe Richtung mit dem vorigen das Versicherungsfernrohr L′. Deckt alsdann der Horizontalfaden dieses letzteren Fernrohrs nicht genau das ausgewählte Object, so bringt man diese Coincidenz hervor entweder durch die Schraube für die feine Bewegung oder durch die Fußschraube. Hierauf wendet man das Versicherungsfernrohr L′ um, und wenn in dieser neuen Lage der Horizontalfaden nicht denselben Punkt wie vorher deckt, so würde das Versicherungsfernrohr selbst einer Correction bedürfen. Man hat nun zu untersuchen, ob der Horizontalfaden des Hauptfernrohrs L gleichfalls denselben Punkt deckt; und sollte ein kleiner Unterschied vorhanden sein, so schafft man ihn mittelst derjenigen Schraube weg, die das Fadenkreuz trägt. Wiederholt man dieselbe Operation darauf auch für das andere Fernrohr L′, so ist die Berichtigung in dieser Beziehung erreicht. Man kann, um jedes Bedenken zu beseitigen, diese Operation an verschiedenen Punkten des Kreisumfanges, etwa von 45 zu 45 Graden, wiederholen, um sich der Beständigkeit des Parallelismus zu versichern.

Will man Zenithdistanzen von Sternen beobachten, so muß der eine Radius des messingenen Fußes in die nahezu bekannte Lage des Ortsmeridianes gebracht werden; aus diesem Grunde nennt man die Schraube B (Fig. 250 und 251, S. 203 und 204) die Meridianschraube. Dadurch erreicht man nämlich, daß, wenn zu genauer Einstellung des Fadens auf den Stern die Fußschraube gedreht werden muß, die dem Kreise zu ertheilende Bewegung in seiner Ebene selbst stattfindet, ohne daß seine verticale Stellung beeinträchtigt werde. Die

beiden andern Schrauben, die man die Seitenschrauben nennt, stehen dann außerdem in der passendsten Lage zur Herstellung des verticalen Standes. Entweder kann die Meridianschraube zwischen der Säule des Instrumentes und dem Beobachter stehen, oder sich, in Bezug auf den Beobachter, jenseit der Säule befinden. In jenem Falle ist sie dem Astronomen zwar unmittelbar zur Hand, indessen beobachtet man bei gewissen Höhen die Sterne bequemer in der zweiten Stellung.

Ist es ein terrestrisches Object oder ein Gestirn außerhalb des Meridians, welches man beobachtet, so hat man die Meridianschraube in die Verticalebene des Objectes zu stellen.

Bei Azimutalbeobachtungen dagegen stellt man die Seitenschrauben in die Verticalebene des terrestrischen Objectes, und bringt zugleich die Rotationsaxe oder die kleine Horizontalaxe des Kreises in die genannte Ebene. Da das terrestrische Object niemals weit vom Horizonte entfernt stehen wird, so kann die Bewegung, die man der Ebene des Kreises gibt, um dem andern Objecte in seiner verticalen Bewegung zu folgen, nicht verhindern, daß das eine Fernrohr ununterbrochen auf das irdische Object gerichtet bleibt; dadurch wird die Beobachtung leichter und geht zugleich schneller und sicherer von Statten. Handelt es sich um Messung des Winkelstandes zweier terrestrischen Objecte, so stellt man die Seitenschrauben entweder parallel mit der die beiden Objecte verbindenden Geraden, oder die Meridianschraube in diejenige Verticalebene, welche den zu messenden Winkel halbirt.

Hat man bereits eine vorbereitende, genäherte Beobachtung angestellt, so kann man mit Hülfe von Tafeln, die Delambre berechnet hat, den Fuß des Kreises sogleich in eine genauere Stellung bringen. Von demselben Astronomen entlehne ich die Art, wie man die Ebene des Repetitionskreises genau vertical machen kann.

„Wenn man," sagt Delambre, „eine der Speichen des Fußes in den Meridian gestellt hat oder in die Ebene desjenigen Objectes, dessen Zenithdistanz man zu messen beabsichtigt, so ist es nöthig, die Ebene des getheilten Kreises recht genau vertical zu stellen; zu diesem Behufe richtet man das obere Fernrohr auf das Zenith; neben dem Objective befestigt man an den obersten Rand des Limbus (Theilkreis) diejenige der beiden Klemmen, an der sich das Bleiloth befindet, und an den

unteren Rand die andere Klemme, über welche der Faden hinweggeht: hierauf richtet man den Limbus in eine dem Vertical durch die Säule und die Meridian-Fußschraube parallele Ebene.

„Falls nun der Faden des Bleilothes genau auf den am untern Klemmstücke angebrachten Strich zeigt, ist die Ebene wenigstens in dieser Lage vertical; trifft aber der Faden nicht auf den Strich, sondern fällt links oder rechts davon, so dreht man gleichzeitig, und zwar in entgegengesetztem Sinne die beiden Seitenschrauben des Fußes, bis der Faden genau auf den Strich zeigt, wodurch dann der Kreis genau vertical wird. Ich rathe beide Schrauben in entgegengesetzter Richtung zu drehen, weil auf diese Weise die eine Schraube die Kreisebene nach der erforderlichen Seite hinzieht, während die andere ihn ebendahin hebt, und die ganze Operation demnach nur die Hälfte derjenigen Zeit erfordert, die beim Drehen einer einzigen Schraube nöthig wäre.

„Hierauf dreht man das Instrument um seine verticale Axe oder die Säule, und wenn es eine halbe Umdrehung gemacht hat, beobachtet man, ob der Faden noch den Strich deckt; ist dies der Fall, so steht der Kreis in beiden entgegengesetzten Lagen genau vertical, welche Bedingung schon ausreichen würde, wenn nur eine einzige Zenithdistanz zu messen wäre, oder wenn es sich um Beobachtung eines unbewegten Gegenstandes handelte; ist dagegen Bewegung vorhanden, so dreht man den Kreis nur um den Viertelumfang, d. h. bringt ihn in die auf den ersten Vertical senkrechte Ebene, und beobachtet darauf, ob der Faden über den Strich hinweggeht; falls diese Coincidenz nicht stattfindet, führt man sie durch Drehung der Mittelschraube herbei; dann steht der Kreis in drei Punkten vertical, deren Azimutaldifferenzen je 90 Grade betragen, und folglich ist er in allen Zwischenlagen gleichfalls vertical.

„Wenn der Faden nach der halben Umdrehung, von der oben die Rede war, den Strich nicht genau treffen sollte, so müßte man die Hälfte der Abweichung dadurch wegschaffen, daß man die beiden Seitenschrauben gleichzeitig und in entgegengesetztem Sinne drehte; dadurch würde zwar die Säule genau vertical, indessen behielte die Kreisebene eine der andern Hälfte der Abweichung gleiche Neigung; dieser letzte Theil des Fehlers wird schließlich durch Drehung der Mikrometer-

schraube des kleinen Kreisquadranten ss (Fig. 250, S. 203) weggeschafft und damit ist das Instrument vollkommen berichtigt. Will man sich von dem vollkommen richtigen Stande noch genauer überzeugen, so kann man die Prüfung wiederholen, und sollte noch eine Abweichung vorhanden sein, so ist sie jedenfalls bei Weitem kleiner geworden: man schafft sie wiederum hinweg, indem man sie, wie vorhin geschehen, halbirt; nach wenigen Versuchen wird bestimmt kein merklicher Fehler bei Aufstellung des Instrumentes in der Verticalebene des Gegenstandes zurückbleiben: ist dies der Fall, so stellt man die vorhin erläuterte Prüfung an für die auf diesem Vertical senkrechte Stellung, und man kann dann das Instrument im Azimute rundherum drehen, ohne daß die geringste Neigung vorhanden wäre."

Nachdem ich im Vorstehenden eine ausführliche Beschreibung des Repetitionskreises gegeben, und die Vorsichtsmaaßregeln zur richtigen Aufstellung aufgeführt habe, will ich jetzt das Beobachtungsverfahren nach dem Principe der Wiederholungen erläutern. Zunächst mag es sich um Messung des Winkelabstandes zweier Punkte A und B handeln (Fig. 260), in deren Ebene man den Kreis zuvor gebracht hat. Das obere Fernrohr L ist so gestellt, daß der Inderstrich desselben dem Nullpunkte der Theilung des Kreises entspricht, und ist in dieser Lage fest an den Kreis geklemmt; man richtet nun dasselbe auf den Gegenstand A und stellt hierauf das andere Fernrohr L′ auf den Punkt B. Offenbar machen beide Fernrohre untereinander den gesuchten Winkel (Fig. 260). Hat man sie nun beide in diesen Lagen festgestellt, so dreht man den Kreis, bis das untere Fernrohr L′ auf den Gegenstand A gerichtet ist (Fig. 261, S. 214); klemmt darauf den

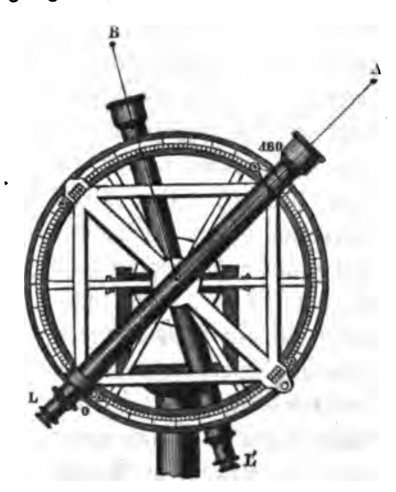


Fig. 260. — Erste Lage der Fernröhre am Repetitionskreise bei Winkelmessungen.

Kreis fest, löst das obere Fernrohr L und richtet es auf den Gegenstand B (Figur 262). Um in diese neue Lage zu gelangen, wird das Fernrohr L auf dem Limbus von seinem Ausgangspunkte, dem Nullpunkte, an offenbar das Doppelte des gesuchten Winkels durchlaufen haben. Dennoch wird man diesen Winkel noch nicht ablesen, sondern den Kreis mit beiden festgestellten Fernröhren wiederum drehen, bis das obere Fernrohr auf den Gegenstand A gerichtet ist (Fig. 263, S. 215), dann den Kreis feststellen und das untere Fernrohr L' auf den Gegenstand B richten (Figur 264, S. 215). Jetzt befinden sich die beiden Fernröhre in der anfänglichen Lage wie in Fig. 260, mit dem einzigen Unterschiede, daß der Inder des Fernrohrs L nun nicht mehr auf den Nullpunkt der Theilung zeigt, sondern die doppelte Größe des gesuchten Winkels angibt. Hierauf dreht man den Kreis von Neuem dergestalt, daß das Fernrohr L' auf den Gegenstand A (Fig. 265, S. 216) gerichtet steht, und führt das Fernrohr L auf das Object B (Figur 266, S. 216); die jetzige Ablesung würde das Vierfache des gesuchten Winkels ergeben, und so fort bei den folgenden Ope-



Fig. 261. — Zweite Lage der Fernröhre am Repetitionskreise bei Winkelmessungen.



Fig. 262. — Dritte Lage der Fernröhre am Repetitionskreise bei Winkelmessungen.

rationen. Es ist leicht einzusehen, daß man auf diese Weise zehn, zwanzig, dreißig .... hundert Wiederholungen anstellen kann. Nur ein einziges Mal wird dabei ein Winkel abgelesen, der zehn, zwanzig, dreißig .... hundert Mal größer ist, als der gesuchte Winkel, und folglich wird der Fehler der Ablesung mit zehn, zwanzig, dreißig .... hundert dividirt. Ueberdies ist zu bemerken, daß jedesmal, wenn man ein Fernrohr löst, um es auf einen der Punkte A oder B zu richten, das andere Fernrohr fest auf den andern Punkt B oder A gerichtet bleibt, und daß man folglich ein zuverlässiges Mittel besitzt, sich von der Unwandelbarkeit des Kreises während dieser Drehungen zu versichern.

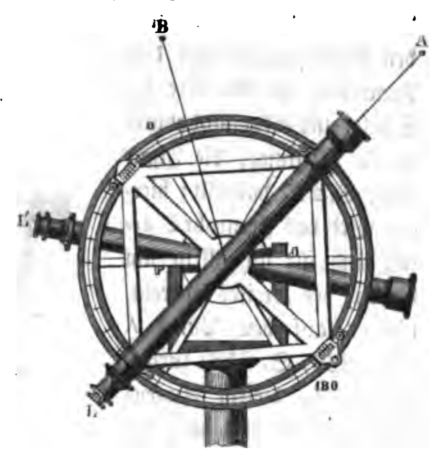


Fig. 263. — Vierte Lage der Fernröhre am Repetitionskreise bei Winkelmessungen.

Will man Zenithdistanzen messen, so richtet man das Fernrohr, nachdem der Kreis vertical gestellt ist, und man sich von der Genauigkeit dieser Aufstellung mittelst der beschriebenen Verfahren überzeugt hat, in die Ebene des Gegenstandes A (Fig. 267 bis 273), und sobald man das obere Fernrohr L auf den Nullpunkt der Theilung gestellt hat, dreht man den Limbus, bis dies Fernrohr auf das Object gerichtet ist (Fig. 267, S. 217). Ob der Kreis während aller nachfolgen-

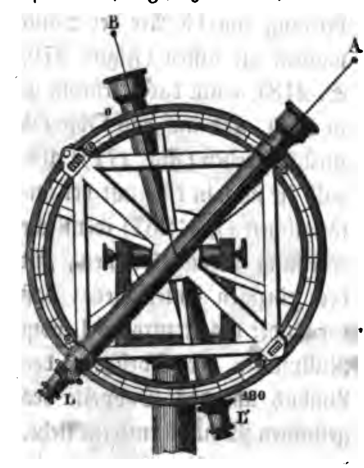
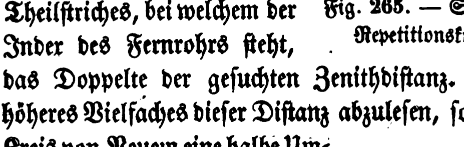


Fig. 264. — Fünfte Lage der Fernröhre am Repetitionskreise bei Winkelmessungen.

den Bewegungen und Drehungen unveränderlich vertical bleibt, davon überzeugt man sich durch die am Instrumente angebrachten Luftblasen-Niveaux. Man dreht nun den Kreis zugleich mit dem Fernrohre um die Axe der Säule, und er kommt dadurch in die Stellung, die Figur 268, S. 217 darstellt; hierauf wird das Fernrohr L gelöst und für sich allein um die Axe des Kreises gedreht, bis es auf den Punct A (Fig. 269, S. 218) zurückkommt; in diesem Augenblicke ergibt die Ablesung des Theilstriches, bei welchem der Inder des Fernrohrs steht, das Doppelte der gesuchten Zenithdistanz. Wünscht man aber ein höheres Vielfaches dieser Distanz abzulesen, so hat man nur nöthig den Kreis von Neuem eine halbe Umdrehung um die Axe der Säule machen zu lassen (Figur 270, S. 218), dann das Fernrohr L zu lösen, und auf das Object A zurückzudrehen (Fig. 271); alsbald ist man in eine mit der anfänglichen (Fig. 267) identische Stellung zurückgekommen, mit dem einzigen Unterschiede, daß der Inder des Fernrohrs L vom Nullpunkte der Theilung des Limbus um das Doppelte des gesuchten Winkels entfernt steht. Man dreht hierauf den Kreis abermals um den halben Um-



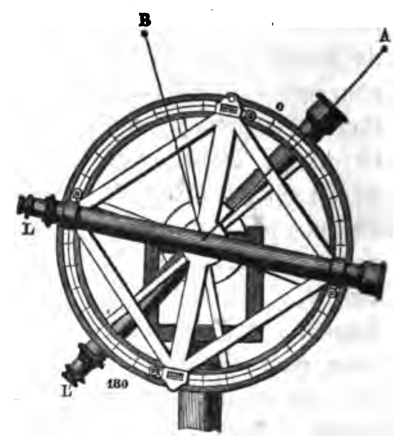


Fig. 265. — Sechste Lage der Fernröhre am Repetitionskreise bei Winkelmessungen.

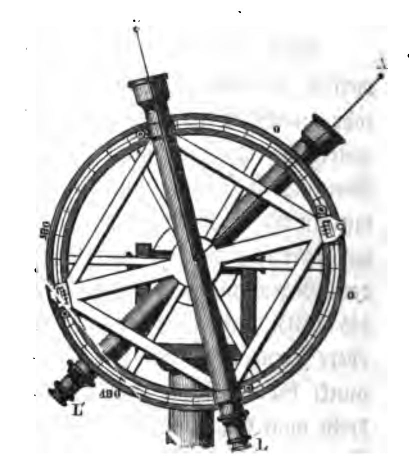


Fig. 266. — Siebente Stellung der Fernröhre am Repetitionskreise, bei welcher man das Vierfache des gesuchten Winkels mißt.

fang, kommt dadurch auf die Stellung in Fig. 272, S. 219 zurück, und löst das Fernrohr, um es auf das Object A zurückzustellen (Fig. 273). Die Ablesung des Theilstriches, bei welchem das Fernrohr vorn steht, ergibt das Vierfache des gesuchten Winkels. Indem man in dieser Weise fortfährt, wird man die Zenithdistanz, um deren Messung es sich handelt, sechs, acht, zehn Mal u. s. f. wiederholen.

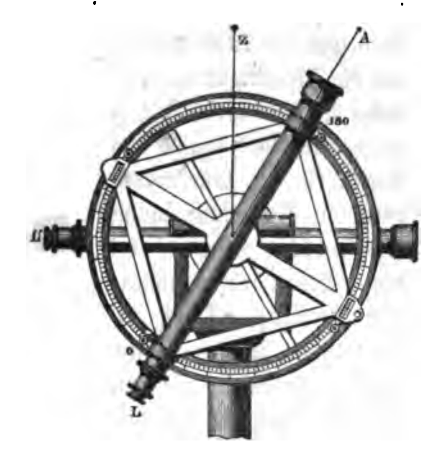


Fig. 267. — Erste Lage des Repetitionskreises bei Bestimmung einer Zenithdistanz.

Die Frage, ob der Repetitionskreis mit Zuverlässigkeit bei Bestimmung geodätischer Breiten anzuwenden sei, ist von der ersten Zeit an verschieden beantwortet worden. Die englischen Künstler, welche in diesem Gebiete sehr competente Richter sind, sprachen sich ungünstig über den Wiederholungskreis aus, denn sie waren der Ansicht, ein Instrument lasse sich unmöglich vollständig umwenden, wie es doch der Gebrauch des Repetitionskreises erheischt, ohne die Genauigkeit der Beobachtungen durch kleine Aenderungen und Verschiebungen der beweglichen Theile zu beeinträchtigen. Auf dem Continente dagegen, wo die Kunst der Herstellung genauer Meßinstru-

Fig. 268. — Zweite Lage des Repetitionskreises bei Bestimmung einer Zenithdistanz.

mente noch nicht die gewaltigen Fortschritte gemacht hatte, die in unsern Tagen geschehen sind, ließ man sich vorzüglich einnehmen von der Möglichkeit, mittelst des Principes der Wiederholungen die Theilungsfehler jedweder Art unschädlich machen zu können. Auch wuchs das Vertrauen der Astronomen durch die Uebereinstimmung der einzelnen Resultate bei den Breitenbestimmungen; dies Vertrauen ist erst seit etwa vierzig Jahren einigermaßen erschüttert worden. In dieser Zeit nämlich kam man auf den Gedanken, daß das Fernrohr während des Ueberganges von einer geraden zu einer ungeraden Beobachtung ausschließlich nur von der kleinen Mikrometerschraube in der Nähe des Oculars festgehalten wird, dergestalt, daß der geringste todte Gang, oder eine allzuleichte Beweglichkeit der vorspringenden Gänge der Schraube innerhalb der Mutter, die sie aufnimmt, schon beträchtliche Fehler in den gemessenen Zenithdistanzen erzeugen kann. Man untersuchte nun auch genauer die Unsicherheit, die von der Excentricität

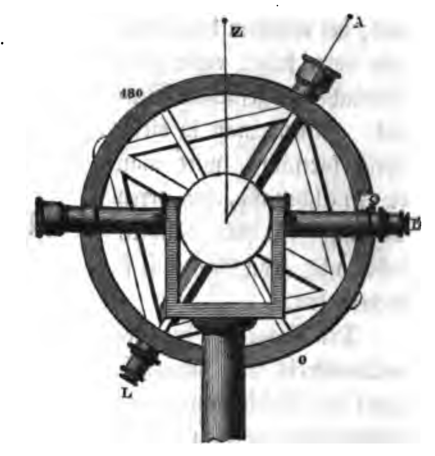


Fig. 269. — Dritte Lage des Repetitionskreises, in welcher man das Doppelte der gesuchten Zenithdistanz mißt.

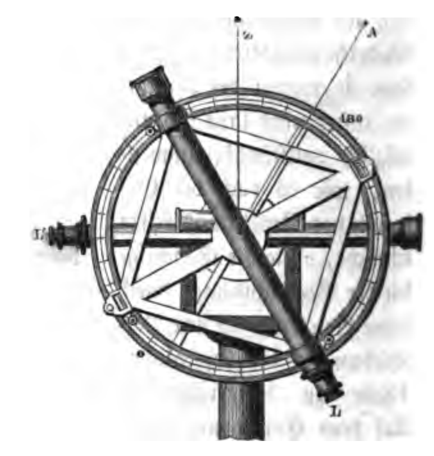


Fig. 270. — Vierte Lage des Repetitionskreises bei Bestimmung einer Zenithdistanz.

der Axen herrührt; ferner den schädlichen Einfluß der Reibung der Alhidaden auf dem Kreise; endlich zog man auch in Betracht die Einwirkung, welche Aenderungen der äußeren Temperatur ausüben können. Das wirkliche Vorhandensein aller dieser Fehlerquellen läßt sich nicht läugnen, und es ist Sache der Astronomen, entweder das Gesetz derselben aufzusuchen, oder sie selbst, durch die vortheilhafteste Einrichtung der Bestandtheile der Wiederholungskreise wegzuschaffen; indessen muß man sich hüten, die Wichtigkeit dieser Fehler zu überschätzen, und besonders nicht, wie einige Astronomen gethan haben, bis zu der Behauptung gehen, diese ganze Gattung von Instrumenten, welche der Astronomie und der Geodäsie so unermeßliche Dienste geleistet haben, müsse aufgegeben werden.

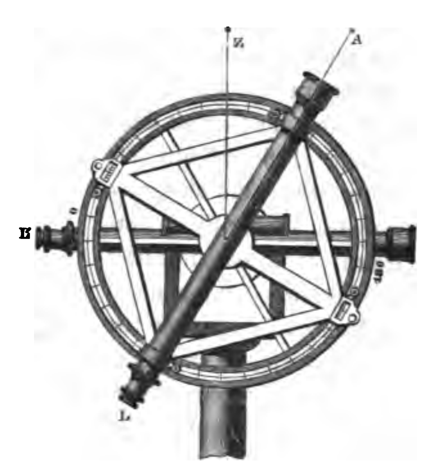


Fig. 271. — Fünfte Lage des Repetitionskreises bei Bestimmung einer Zenithdistanz.

Man hat von Repetitionskreisen gesprochen, welche bei Polhöhenbestimmungen Unterschiede von 17" gegeben hätten, je nachdem man Sterne auf der Nord- oder der Südseite beobachtete. Wo Unterschiede von dieser Größe wirklich vorkamen,

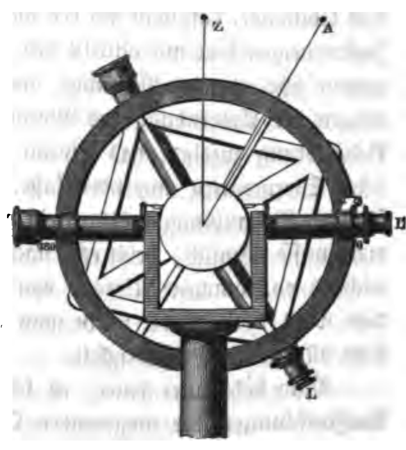


Fig. 272. — Sechste Lage des Repetitionskreises bei Bestimmung einer Zenithdistanz.

war offenbar das Instrument nicht in gehörigem Stande; ja es wäre sehr wohl möglich, den Kreis in wenig auffälliger Weise dergestalt abzuändern, z. B. in den Schrauben für die feine Einstellung, daß noch beträchtlichere Fehler, als die vorerwähnten, infolge davon einträten. Will man aber über das Princip, auf dem ein Instrument beruht, ein Urtheil abgeben, so muß man das Instrument offenbar in seinem vollkommensten Zustande nehmen, und überhaupt nur solche Apparate in Betracht ziehen, welche aus den Händen geschickter Künstler hervorgegangen sind.

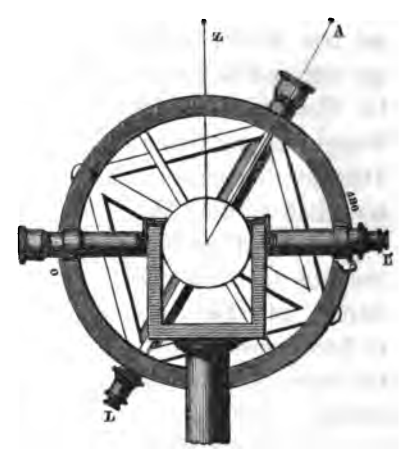


Fig. 273. — Siebente Lage des Repetitionskreises, wobei man das Vierfache der gesuchten Zenithdistanz messen kann.

Unter den Einwürfen, welche man gegen Anwendung der Repetitionskreise bei Breitenbestimmungen gemacht hat, beruhen einige auf dem Umstande, daß man sich des unveränderten verticalen Standes der Instrumentenebene nur mittelst des Niveau versichert. Manche Astronomen sind aber der Meinung, man müsse bei geodätischen Beobachtungen die Anwendung des Niveau gänzlich vermeiden, weil, ihrer Behauptung zufolge, das Niveau sich mit wirklichem Nutzen nur auf festen Sternwarten anwenden lasse. Unter den Gründen, welche sie für diese Behauptung anführen, ist mir der eine sehr seltsam erschienen: man müsse nämlich, heißt es, nach Deutschland gehen, um sich hinreichend vollkommene Niveaux von dortigen Künstlern zu verschaffen; dies wäre doch, selbst wenn man die Nothwendigkeit zugeben müßte, keine allzugroße Schwierigkeit.

Man behauptet ferner, es sei nothwendig, das Niveau vor den Ausstrahlungen der umgebenden Objecte zu schützen; dies ist streng genommen wohl richtig, indessen ist die Bedingung, sich vor den Strahlungen zu schützen, auch bei allen andern Instrumenten vorhanden, an

denen Fernröhre angebracht sind, deren Nord- und Süd-, Ost- und Westseite gleiche Temperaturen besitzen müssen, indem sich entgegengesetzten Falles die Centrirung des Objectivs ändern würde. Uebrigens hat man den Einfluß der sogenannten Capillarwirkung der die Blase einschließenden Wände weit überschätzt. Es ist denjenigen Astronomen, die bei Ausführung großer geodätischen Operationen sich an dies Instrument gewöhnt haben, wohlbekannt, daß, wenn man es gehörig zu behandeln versteht, es vortreffliche Resultate geben kann und in der That gibt; es ist ebenso bekannt, daß bei Breitenbestimmungen die vom Instrumente herrührenden Correctionen durch die angemessene Verstellung der Meridianschraube am Fußgestelle des Kreises durchaus verschwinden. Auch ändert sich, wenn man sich eines hinreichend guten Niveau bedient, der Werth der Theile nicht so erheblich mit der Temperatur, wie man vermuthet hatte; denn aus Beobachtungen, welche wir im Jahre 1812 an einem Reichenbach'schen Niveau anstellten, ergibt sich, daß der Werth eines Theiles bei 26 Grad der hunderttheiligen Scale 0″754 betrug, und bei 2 Grad unter Null 0″770.

Heutzutage weiß man, daß kleinere Repetitionskreise gewissen constanten Fehlern unterworfen sind, von denen man sich bei Polhöhenbestimmungen nur dadurch unabhängig machen kann, daß man Beobachtungen nördlich und südlich vom Zenith miteinander combinirt. Dies gilt nicht nur von den ganz kleinen Instrumenten dieser Art, sondern auch von solchen, welche in Dimension dem Reichenbach'schen Kreise gleichkommen, den die pariser Sternwarte im Jahre 1811 durch Laplace's Freigebigkeit erhielt. Mit diesem Kreise, einem Meisterwerke des bayerischen Künstlers, erhält man Beobachtungen der Circumpolarsterne, die untereinander vortrefflich übereinstimmen. Ebenso befriedigende Resultate geben die Beobachtungen südlich vom Zenith; aber untereinander stimmen beide Reihen nicht überein. Damit ist der Beweis geliefert, daß auch der Reichenbach'sche Kreis so gut wie die kleinen Kreise, constante Fehler bei den Beobachtungen erzeugt, Fehler die von Biegungen, vom todten Gange der Schrauben und von noch manchen andern Ursachen herrühren werden. Diese Fehler wirken stets in demselben Sinne auf alle gemessenen Zenithdistanzen ein, und entstellen deshalb in entgegengesetztem Sinne die Polhöhen, jenachdem

man diese aus nördlichen oder südlichen Sternen herleitet. Bei der hohen Vollkommenheit, mit welcher die Künstler heutzutage die Wiederholungskreise zu theilen verstehen, läßt sich mit einem dieser tragbaren Instrumente innerhalb einer einzigen Nacht die Breite eines Ortes mit der Genauigkeit eines Bruchtheils der Bogensecunde bestimmen, vorausgesetzt daß man nicht versäumt Beobachtungen von Sternen südwärts vom Zenith zu combiniren mit Beobachtungen von Sternen, die nordwärts vom Zenith stehen. Man kann damit zu Resultaten gelangen, die etwa die Genauigkeit der Bestimmungen besitzen, welche der vortreffliche Gambey'sche Mauerkreis der pariser Sternwarte gewährt.

Aus den Protocollen der Sitzungen des Längenbureau ergibt sich, daß ich schon im November 1818 erwiesen habe, das einzige Erforderniß zu vollkommen zuverlässigen Polhöhenbestimmungen sei die Beobachtung nördlicher und südlicher Sterne. Ich fügte damals hinzu, daß man überdies Sterne von gleicher Helligkeit auswählen müsse. Dieser Rath, den ich in jenem Jahre gab, gilt für Instrumente jedweder Art, keineswegs ausschließlich für Repetitionskreise.

Im Monat Juni 1840 habe ich in einer Sitzung des Längenbureau, auf den besonderen Wunsch unseres berühmten Collegen Biot, die Beobachtungen von Neuem auseinandergesetzt, welche ich über die Wirkung der Fernröhre angestellt hatte. Es hat sich ergeben, daß das zerstreute Licht, aus dem das Bild eines Sternes besteht, einen um so geringeren Raum einnimmt, je stärker die angewandte Vergrößerung ist; daß die Vergrößerung die Zahl der mitwirkenden Strahlen verringert, welche bei schwachen Fernröhren ebensogut wie bei Beobachtung mit bloßem Auge in Betracht kommen. Außerdem aber hängen diese Strahlen von der Beschaffenheit des Auges ab: während der Eine sie nämlich gleichmäßig rund um den wahren Ort des Sternes erblickt, erscheinen sie dem Andern mehr und zahlreicher unterhalb des Sternes als oberhalb, und einem Dritten scheinen sie mehr auf der rechten Seite als auf der linken vorhanden. Aus diesem Umstande kann also ein Fehler entstehen, der sich nach Belieben dadurch verringern läßt, daß man die Vergrößerung verstärkt und daß man das Fernrohr genau auf den Brennpunkt einstellt. Es kann auf diese

Weise der Fall eintreten, daß man, ohne daß eine Biegung des Fernrohrs vorhanden zu sein braucht, wegen der bloßen Gestalt der Bilder, eine geographische Breite fehlerhaft bestimmt, sobald man nur auf einer Seite vom Zenith beobachtet hat. Dies Alles habe ich deutlich erwiesen in einer Arbeit, die ich im Jahre 1810 über die pariser Polhöhe in Gemeinschaft mit meinen beiden Freunden, Herrn von Humboldt und Mathieu ausgeführt habe[27]).

Zwanzigstes Kapitel.

Bestimmung der geodätischen Breiten.

Im achten Kapitel (S. 57) ist bereits nachgewiesen worden, daß die Länge eines Ortes nichts Anderes ist, als in einem und demselben Augenblicke der Unterschied in der Zeit dieses Ortes von der Zeit desjenigen Ortes, von dessen Meridiane an die Längen gezählt werden; diesen Unterschied in Zeit kann man in Grade, Minuten und Secunden verwandeln, indem man 15 Grade auf jede Stunde, 15 Bogenminuten auf die Zeitminute und ebenso 15 Bogensecunden auf die Zeitsecunde rechnete. So sieht man leicht ein, daß wenn ein Beobachter sich in östlicher Richtung fortbewegt, er der Sonne entgegengeht, und daß das Gestirn also früher die Meridiane der Oerter erreicht, an die er gelangt; ebenso daß umgekehrt ein nach Westen reisender Beobachter gewissermaßen flieht vor der scheinbaren täglichen Bewegung der Sonne, dergestalt daß dies Gestirn später an den Oertern, auf die ihn die Reise führt, culminirt. Da nun der scheinbare tägliche Umlauf der Sonne um die Erde mit gleichförmiger Geschwindigkeit, und zwar in vierundzwanzig Stunden vor sich geht, so sind die Winkel, welche die verschiedenen Meridiane aller Punkte auf der Erdoberfläche miteinander machen, der Dauer der täglichen Umdrehung proportional. Wenn also eine Uhr auf der pariser Sternwarte, von deren Meridian aus die Längen gezählt werden mögen, richtig gestellt worden ist, so ist die Zeit aller östlich von Paris belegenen Oerter vor der pariser Zeit voraus, und die Zeit aller westlich von dieser Stadt belegenen Oerter wird

genau um so viel zurück sein, als die Winkel angeben, welche die Meridiane aller dieser Oerter nach Ost oder nach West hin mit dem pariser Meridiane bilden.

Hiernach muß es einleuchtend sein, daß ein Beobachter, der in östlicher Richtung um die Erde reist und zuletzt an seinen Ausgangspunkt zurückkehrt, die Sonne ein Mal öfter aufgehen, culminiren und untergehen sieht, als diejenigen, welche an dem Orte verblieben sind, und daß er folglich einen ganzen Tag mehr verlebt hat.

Umgekehrt dagegen würde ein Beobachter, der von Paris ausgehend stets in westlicher Richtung reist, um endlich an seinen Ausgangspunkt zurückzukommen, nach Vollendung der ganzen Reise um die Erde einen Tag verloren haben. Diese Thatsache erfuhren Magellan's Genossen, als sie von der Erdumsegelung zurückkamen, auf welcher jener berühmte portugiesische Seefahrer seinen Tod gefunden hatte; als sie in San-Lucar eintrafen, war nach ihrer Rechnung der 20. September 1522, während die Einwohner der Stadt den 21. zählten.

Wenn Reisende auf die Inseln der Südsee gelangen, die zwölf Stunden vom pariser Meridiane entfernt liegen, müssen sie in ihrer Rechnung den Wochentag verschieden rechnen, jenachdem sie aus Indien oder aus Amerika kommen. So geschah es in der That den Portugiesen, die von Makao über das Kap der guten Hoffnung hinaus nach den Philippinen kamen, und den Spaniern, die eben dorthin von Amerika aus durch die Südsee gelangten.

Aus vorstehenden Erörterungen ist gewiß einleuchtend, daß die Länge eines östlich von Paris belegenen Punktes gleich ist der Stunde dieses östlichen Punktes, weniger der, welche in demselben Augenblicke zu Paris gezählt wird, und daß die Länge eines westlich von Paris belegenen Punktes gleich ist der Zeit, die zu Paris in einem bestimmten Augenblicke gilt, verringert um die Zeit dieses westlichen Punktes. Man sieht hieraus sogleich, daß sich zwei Methoden zur Bestimmung der geodätischen Länge darbieten. Die erste besteht darin, daß man die Zeit desjenigen Ortes, dessen Meridian als Anfangsmeridian auf der Erde gelten soll, mit sich auf die Reise nimmt, und sich mit Chronometern, Seeuhren oder Zeithaltern, die genau nach der Sternzeit

des Ausgangsortes regulirt sind, an die verschiedenen Oerter begiebt; dort vergleicht man die Zeit, welche diese Zeitmesser ergeben, mit den Sternzeiten jedes zu bestimmenden Punktes; die beobachteten Unterschiede sind unmittelbar die gesuchten Längen. Bei dem zweiten Verfahren werden durch verschiedene Beobachter die Ortssternzeiten ermittelt für den Augenblick, in welchem sie Alle ein und dasselbe Signal wahrnehmen oder erhalten.

Beide Methoden setzen also die Möglichkeit einer genauen Bestimmung der Ortszeiten voraus; wie man dies sowohl auf dem Lande als auf der See bewerkstelligt, soll in einem spätern Buche, das vom Kalender handeln wird, gezeigt werden. Hier setze ich diese Aufgabe als bereits gelöst voraus, und bei dieser Voraussetzung bleiben nur noch wenige Worte dem Gesagten hinzuzufügen, um dem Leser eine vollständige Vorstellung von der Längenbestimmung zu geben.

Man begreift leicht, daß wenn ein Chronometer nicht einen durchaus regelmäßigen Gang hätte, für die Längenbestimmung der auf der Reise berührten Punkte auf seine Angaben nicht zu bauen wäre. Deßhalb trat die Herstellung äußerst genauer Chronometer schon früh in die Reihe der für Astronomie und Nautik wichtigsten Probleme; das englische Parlament sowohl als die pariser Akademie der Wissenschaften schrieben Preisbewerbungen aus und setzten bedeutende Prämien auf die vorzüglichsten Seeuhren. Im Jahre 1765 bewilligte das englische Parlament etwa 70000 Thaler dem sehr geschickten Chronometermacher Harrison, einem früheren Dorfzimmermanne, für eine Seeuhr, mit welcher die Marineofficiere die Länge von Jamaica ziemlich genau bestimmt hatten. Im Jahre 1800 erhielt jeder der beiden Künstler, Arnold und Earnshaw als Ermunterung eine Prämie von 20000 Thalern für neue Vervollkommnungen in der Herstellung von Chronometern. Als Chronometermacher in Großbritannien, durch deren Leistungen die englischen Seeuhren zu hohem Ansehen gelangten, sind außerdem zu nennen Kendal, Mudge und Emery. Ich bin glücklich hinzufügen zu können, daß auch Frankreich in der höhern Uhrmacherkunst in erster Reihe steht, infolge der Bemühungen von Männern wie Le Roy, Ferdinand und Louis Berthoud, Bréguet Vater und Sohn, Winnerl. An Le Roy ertheilte die Akademie der Wissenschaften im Jahre 1769

den Preis. Durch die Parlamentsacte in Betreff der Längenbestimmung auf See sicherte das englische Parlament demjenigen Künstler 70000 Thaler zu, der Chronometer von solcher Vollkommenheit herstellen würde, daß man dadurch die Länge, nach Verlauf von sechs Monaten, noch innerhalb der Fehlergränze von zwei Zeitminuten erhielte. Ich hatte Veranlassung den Beweis zu liefern, daß der Fehler der Bréguet'schen Chronometer nach sechs Monaten kleiner als eine Zeitminute ist. Kann man gleichzeitig von mehreren vorzüglichen Chronometern Gebrauch machen, so läßt sich eine mittlere Länge bestimmen, die außerordentlich wenig von der wahren Länge verschieden sein wird. Die englische Admiralität ließ im Jahre 1826 eine derartige Operation ausführen: man führte 35 Chronometer sechs Mal über die Nordsee, um die Längenunterschiede von Altona, Bremen und Helgoland gegen den Meridian der greenwicher Sternwarte zu bestimmen. Im Jahre 1843 ward der Längenunterschied zwischen der russischen Sternwarte zu Pulkowa bei Petersburg und der greenwicher Sternwarte durch eine Chronometerreise mit 68 Zeitmessern bestimmt, die ihren Gang ganz vortrefflich einhielten [28]).

Was die Methode der Längenbestimmung durch gleichzeitiges Beobachten eines Signals betrifft, so ist diese sehr mannigfaltiger Anwendungen fähig. Als Signale kann man sich einer himmlischen Erscheinung bedienen, z. B. einer Finsterniß, einer Sternbedeckung ꝛc. Ein derartiges Phänomen bietet, wie man sofort erkennt, den Vortheil dar, zugleich an Punkten beobachtet werden zu können, die auf der Erdoberfläche weit voneinander entfernt liegen. An der Stelle, die von den Finsternissen handeln wird, komme ich auf diese Methode der Längenbestimmung zurück.

Die zuerst von Cassini angewandten Feuersignale lassen sich allerdings nicht von sehr weit auseinander liegenden Punkten beobachten, sind indessen frei von dem andern Uebelstande, daß der Astronom genöthigt ist, den Eintritt einer Himmelserscheinung abzuwarten, deren Anblick überdies vielleicht die Ungunst der Witterung vereitelt. Das Ausblitzen von wenigen Lothen Pulver, die man in der Nacht abbrennt, erzeugt schon ein Licht, das man deutlich in einem Umkreise von mehr als zehn Meilen erkennt, das man folglich wahrnehmen kann aus zwei

Orten, die mehr als zwanzig Meilen auseinander liegen können. Ist kein Hinderniß zwischen beiden Stationen vorhanden, so ergibt die bloße Vergleichung der Beobachtungen des Feuersignals, angestellt von zwei Astronomen, die mit Uhren versehen sein müssen, welche vorher genau auf die Sternzeit des Ortes gestellt sind, unmittelbar den Längenunterschied beider Stationen. Liegen die Stationen M und N (Figur 274) dergestalt, daß ein einziges Signal nicht an beiden Punkten

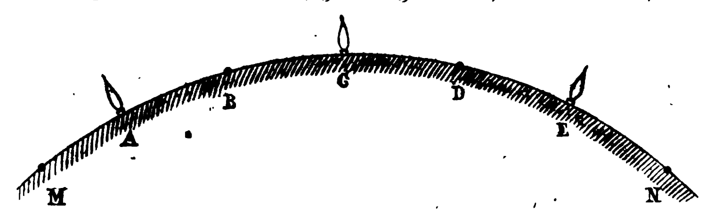


Fig. 274. — Längenbestimmung durch Pulversignale.

zugleich wahrgenommen werden kann, so errichtet man Hülfsstationen z. B. in B und in D und zwischen allen Stationen, in A, in C, in E gibt man nacheinander Feuersignale zu im Voraus bestimmten Zeitmomenten. Durch Vergleichung der partiellen Resultate findet man dann ohne irgend welche Mühe den gesuchten Längenunterschied. Dies Verfahren hat man vor längerer Zeit zwischen Paris und London, zwichen Bordeaux und Genf ꝛc. in Anwendung gebracht[29].

Indessen hat neuerdings eine Erfindung von der höchsten Wichtigkeit der Anwendung der Pulversignale alles Interesse geraubt; ich meine die elektrische Telegraphie, deren Signale sich mit solcher Geschwindigkeit fortpflanzen, daß man im Vergleich zu den Entfernungen auf der Erdoberfläche die Fortpflanzung als eine augenblickliche ansehen darf.

Der Gedanke, die elektrischen Telegraphen zur Längenbestimmung zu verwenden, war ein so natürlicher, daß er fast gleichzeitig entstand mit der Einrichtung der ersten derartigen Telegraphen, und daß sich schwer sagen läßt, wo er zuerst auftrat. Von Anfang an beschäftigte sich das Längenbureau beharrlich damit, und berieth schon, sobald vom unterseeischen Tau zwischen Dover und Calais die Rede war, die Mittel, welche zu einer directen elektrischen Verbindung der pariser Sternwarte

mit der greenwicher erforderlich wären. Zu diesem Zwecke verbindet ein Leitungsdraht einen der Sternwartensäle mit dem telegraphischen Centralbureau im Ministerium des Innern, Straße Grenelle. Seinerseits stellt der gelehrte Director der greenwicher Sternwarte eine directe Verbindung her zwischen diesem Observatorium und einer der elektrischen Linien, die nach Dover und dem unterseeischen Tau gehen, dergestalt daß Greenwich mit Dünkirchen, einem der Endpunkte des großen französischen Meridianbogens, in Verbindung stehen wird[30]). Außerdem beabsichtigt man durch den elektrischen Telegraphen die pariser Zeit verschiedenen wichtigen Häfen, Havre, Marseille, Toulon u. s. w. regelmäßig mitzutheilen, eine Einrichtung, die den Seefahrern täglich sehr genaue Mittel an die Hand geben wird, den Gang ihrer Chronometer zu prüfen.

Einundzwanzigstes Kapitel.

Die geographischen Coordinaten der wichtigsten Punkte auf der Erdoberfläche.

Um von der Gestaltung eines Landes eine genaue und richtige Vorstellung zu haben, ist Kenntniß der geodätischen Längen und Breiten erforderlich; kommt hierzu noch die Kenntniß der Höhen über dem mittleren Niveau des Meeres, so entsteht ein genaues Bild von einer Gegend, gleichviel welchen Umfang dieselbe hat; nur bedarf es noch der Umwandlung der in Graden, Minuten und Secunden ausgedrückten Bogen in Wege- oder Längenmaaß. Ich werde im nächstfolgenden Kapitel zeigen, auf welche Weise man die Werthe der Erdgrade bestimmt, indem ich alsdann die Verfahren erläutere, deren man sich zur Ermittelung der Dimensionen unsers Erdkörpers nach den verschiedenen Richtungen hin bedient hat. Gegenwärtig werde ich die geographischen Coordinaten der wichtigsten Punkte auf der Erde zusammenstellen.

Der Breiten werden wir uns nicht allein zur Construction der geographischen Karten bedienen; sie werden uns auch unentbehrlich

sein, wenn wir späterhin die Jahreszeiten und das Klima jedes Ortes zu bestimmen haben; wir nennen sie nördliche oder südliche, je nachdem sie auf irgend einem Meridiane nach dem Nordpole unsers Planeten oder nach dem Südpole zu gerechnet werden.

Die Längen drückt man entweder in Graden aus oder in Zeit; durch die Grade versinnlicht man sich sogleich die Entfernungen; während der Leser durch die Angabe der Länge in Zeit in Stand gesetzt ist anzugeben, welche Zeit es an irgend einem Orte der Erde in dem Augenblicke ist, wo er selbst sich an einem bestimmten Punkte befindet; man hat in dieser letztern Absicht nur zu bedenken, daß jeder östlicher belegene Punkt in der Zeit voraus ist und jeder westlichere weiter zurück, und zwar genau um den Längenunterschied zwischen der Station und dem verglichenen Orte.

Die nachstehenden Verzeichnisse sind ein Auszug aus den Tafeln der Connaissance des temps; in jenem Werke hat man sechzehn Abtheilungen eingerichtet, von denen jede die Oerter enthält, welche mit einander entweder durch geodätische Vermessungen verbunden sind, oder durch Längenunterschiede, die man durch Chronometer bestimmt hat. Ich habe daraus nur die wichtigsten Städte und Ortschaften beibehalten, sowie auch die Sternwarten und die hauptsächlichsten Hafenplätze.

Folgendes sind diese sechzehn Abtheilungen, in welche man die verschiedenen Oerter gebracht hat: I. Frankreich; II. Großbritannien; III. Holland und Belgien; IV. Dänemark, Schweden und Norwegen; V. Rußland; VI. Deutschland; VII. Ungarn, Dalmatien, die ionischen Inseln, Griechenland und die europäische Türkei; VIII. Italien und die Schweiz; IX. Spanien und Portugal; X. Asien; XI. der große asiatische Archipelagus und Neuholland; XII. die Inseln des großen Oceans; XIII. Afrika nebst den im indischen und atlantischen Ocean zerstreuten Inseln; XIV. Nordamerika; XV. die Antillen; XVI. Südamerika.

I. Frankreich.

Ortsnamen.	Breite.	Länge in Graden.		Länge in Zeit.
Abbeville (Notre-Dame)	50° 7′ 5″ N.	0°30′18″	W.	0h 2m 1s
Agen (Domkirche) . .	44 12 27	1 43 6		0 6 52
Aix (Domkirche) . . .	43 31 55	3 6 37	O.	0 12 26
Ajaccio (Domkirche) .	41 55 1	6 24 18		0 25 37
Alby (Domkirche) . .	43 55 44	0 11 43	W.	0 0 47
Alençon (Notre-Dame)	48 25 49	2 14 52		0 8 59
Amiens (Domkirche) .	49 53 43	0 2 4		0 0 8
Angers (Domkirche) .	47 28 17	2 53 34		0 11 34
Angoulême (St. Pierre)	45 39 0	2 11 8		0 8 45
Arras (Wachtthurm) .	50 17 31	0 26 26	O.	0 1 46
Auch (Nördl. Thurm) .	43 38 50	1 45 8	W.	0 7 1
Aurillac	44 55 41	0 6 22	O.	0 0 25
Auxerre (Dom) . . .	47 47 54	1 14 10		0 4 57
Avignon (Telegraph) .	43 57 13	2 28 15		0 9 53
Bagnères de Bigorre (Uhrthurm) . . .	43 3 54	2 11 22	W.	0 8 45
Bar-le-Duc (Saint-Pierre)	48 46 8	2 49 24	O.	0 11 18
Bastia (Domkirche) . .	42 41 36	7 6 59		0 28 28
Bayonne (Domkirche) .	43 29 29	3 48 57	W.	0 15 16
Beaune (Notre-Dame)	47 1 28	2 30 3	O.	0 10 0
Beauvais (St.-Pierre)	49 26 0	0 15 19	W.	0 1 1
Besançon (Citadelle) .	47 13 46	3 41 56	O.	0 14 48
Blois (St. Louis) . .	47 35 21	1 0 2	W.	0 4 0
Bordeaux (St. Andreas)	44 50 19	2 54 56		0 11 40
Bourg (Notre-Dame) .	46 12 21	2 53 28	O.	0 11 34
Bourges (St. Stephan)	47 4 59	0 3 43		0 0 15
Brest (Sternwarte) . .	48 23 32	6 49 49	W.	0 27 19
Briançon (Westlicher Thurm)	44 54 0	4 18 20	O.	0 17 13
Brieuc (St. Michael) .	48 31 1	5 5 40	W.	0 20 23
Caen (Abbaye aux Dames	49 11 14	2 41 24		0 10 46
Cahors (Dom) . . .	44 26 52	0 53 41		0 3 35
Calais , ...	50 57 33	0 29 0		0 1 56
Carcassonne (St. Vincent)	43 12 55	0 0 46	O.	0 0 3
Châlons-sur-Marne . .	48 57 22	2 1 18		0 8 5

Ortsnamen.	Breite.	Länge in Graden.	Länge in Zeit.
Chartres (Neue Thurm)	48°26′53″N.	0°50′59″W.	0h 3m24s
Châteauroux	46 48 50	0 38 32	0 2 34
Chaumont (Collegium)	48 6 47	2 48 19 O.	0 11 13
Cherbourg (Kirchthurm)	49 38 34	3 57 39 W.	0 15 51
Clermont-Ferrand (Dom)	45 46 46	0 44 57 O.	0 3 0
Colmar	48 4 41	5 1 20	0 20 5
Dax (Borda's Thurm)	43 42 44	3 24 5 W.	0 13 36
Dijon (Ste. Benigne)	47 19 19	2 41 54 O.	0 10 48
Douai (St. Pierre) .	50 22 15	0 44 41	0 2 59
Draguignan (Uhrth.) .	43 32 24	4 7 47	0 16 31
Dünkirchen (Thurm) .	51 2 12	0 2 23	0 0 10
Epinal (Hospital) . .	48 10 24	4 6 32	0 16 26
Etienne, St. (Hospital)	45 26 9	2 3 20	0 8 13
Evreux (Dom) . . .	49 1 30	1 11 9 W.	0 4 45
Foix (Gefängniß) . .	42 57 57	0 43 59	0 2 56
Gap	44 33 30	3 44 31 O.	0 14 58
Grenoble (St. Joseph)	45 11 12	3 23 36	0 13 34
Guéret (St. Pardoux)	46 10 17	0 28 9 W.	0 1 53
Havre (Uhrthurm) . .	49 29 16	2 13 45	0 8 55
Langres (Dom) . . .	47 51 53	2 59 55 O.	0 12 0
Laon (Stadtuhr) . .	49 33 54	1 17 19	0 5 9
Laval (Uhrthurm) . .	48 4 7	3 6 39 W.	0 12 27
Lille (Magdalenenkirche)	50 38 44	0 43 37 O.	0 2 54
Limoges	45 49 52	1 4 48 W.	0 4 19
Lô, St. (Fahne) . . .	49 6 59	3 25 56	0 13 44
Lons-le-Saulnier . .	46 40 28	3 13 11 O.	0 12 53
Lorient (Hafenthurm) .	47 44 46	5 41 28 W.	0 22 46
Lyon (N.-D. Fourvières)	45 45 44	2 29 10 O.	0 9 57
Mâcon (St. Vincent)	46 18 24	2 29 55	0 10 0
Mans (St. Julien) .	48 0 35	2 8 19 W.	0 8 33
Marseille (Sternwarte)	43 17 52	3 1 48 O.	0 12 7
Melun (St. Barthélemy)	48 32 32	0 19 10	0 1 17
Mende (Domkirche) . .	44 31 4	1 9 41	0 4 39
Metz (Domkirche) . .	49 7 14	3 50 23	0 15 22
Mézières (Uhrthurm) .	49 45 43	2 22 46	0 9 31
Montauban (St. Jakob)	44 1 6	0 59 6 W.	0 3 56

Ortsnamen.	Breite.	Länge in Graden.		Länge in Zeit.
Montbrison	45°36′22″ N.	1°43′45″	O.	0h 6m 55s
Mont-de-Marsan . . .	43 53 38	2 50 18	W.	0 11 21
Montpellier (Notre-Dame)	43 36 44	1 32 34	O.	0 6 10
Morlaix (St. Martin)	48 34 32	6 10 32	W.	0 24 42
Moulins (Wachtthurm)	46 33 59	0 59 46	O.	0 3 59
Nancy	48 41 31	3 51 0		0 15 24
Nantes (Domkirche) . .	47 13 8	3 53 18	W.	0 15 33
Napoléon-Vendée . .	46 40 17	3 45 46		0 15 3
Narbonne (Domkirche)	43 11 8	0 40 0	O.	0 2 40
Nevers (St. Cyr) . .	46 59 15	0 49 14		0 3 17
Nîmes	43 50 36	2 0 46		0 8 3
Niort (Notre-Dame) .	46 19 23	2 48 12	W.	0 11 13
Orange (Uhrthurm) .	44 8 18	2 28 15	O.	0 9 53
Orléans	47 54 9	0 25 35	W.	0 1 42
Paris (Pantheon) . .	48 50 49	0 0 35	O.	0 0 2
Paris (Sternwarte) .	48 50 13	0 0 0		0 0 0
Pau (Schloß) . . .	43 17 44	2 42 48	W.	0 10 51
Périgueux	45 11 4	1 36 54		0 6 28
Perpignan	42 41 55	0 33 55	O.	0 2 16
Poitiers (St. Porchaire)	46 34 55	1 59 51	W.	0 7 59
Privas (les Récollets)	44 44 11	2 15 31	O.	0 9 2
Puy (Domkirche) . .	45 2 46	1 32 55		0 6 12
Quentin (St.) . . .	49 50 55	0 57 13		0 3 49
Quimper (Domkirche) .	47 59 47	6 26 26	W.	0 25 46
Reims (Domkirche) . .	49 15 15	1 41 49	O.	0 6 47
Rennes (Ste. Melaine)	48 6 55	4 0 40	W.	0 16 3
Riom (St. Amable) .	45 53 39	0 46 31	O.	0 3 6
Rochelle (La)	46 9 24	3 29 40	W.	0 13 59
Rodez	44 21 5	0 14 15	O.	0 0 57
Rouen (Domkirche) .	49 26 29	1 14 32	W.	0 4 58
Straßburg	48 34 57	5 24 54	O.	0 21 40
Tarbes (Karmeliterkl.)	43 13 58	2 15 19	W.	0 9 1
Toulon (Sternwarte) .	43 7 28	3 35 37	O.	0 14 22
Toulouse (Neue Sternwarte)	43 36 47	0 52 29	W.	0 3 30
Tours (St. Gatien) .	47 23 47	1 38 35		0 6 34
Troyes (St. Peter) .	48 18 3	1 44 41	O.	0 6 59
Tulle	45 16 7	0 33 58	W.	0 2 16

Ortsnamen.	Breite.	Länge in Graden.	Länge in Zeit.
Valence (St. Johannes)	44°56′ 5″ N.	2°33′18″ O.	0h10m13s
Valenciennes (Wachtthurm)	50 21 29	1 11 12	0 4 45
Vannes (St. Peter) .	47 39 31	5 5 41 W.	0 20 23
Vendôme	47 47 30	1 16 7	0 5 4
Verdun	49 9 31	3 2 2 O.	0 12 8
Versailles (St. Louis)	48 47 56	0 12 44 W.	0 0 51
Vesoul (Collegiumsgebäude)	47 37 26	3 49 6 O.	0 15 16
Viviers (Sternwarte) .	44 29 14	2 20 45	0 9 23

II. Großbritannien.

Ortsnamen.	Breite.	Länge in Graden.	Länge in Zeit.
Aberdeen (Sternwarte)	57° 8′58″ N.	4°26′ 6″ W.	0h17m44s
Armagh " "	54 21 13	8 59 10	0 35 57
Ashurt " "	51 15 58	2 37 55	0 10 32
Bedfort " "	52 8 28	2 48 23	0 11 14
Birr castle " "	53 5 47	10 15 37	0 41 2
Blenheim " "	51 50 28	3 41 56	0 14 48
Bristol (Dom) . . .	51 27 6	4 56 24	0 19 46
Bushey-Heath (Sternwarte)	51 37 44	2 40 36	0 10 42
Cambridge (Sternw.) .	52 12 52	2 14 31	0 8 58
Dover (Schloß) . . .	51 7 46	1 1 1	0 4 4
Dublin (Sternwarte) .	53 23 13	8 40 36	0 34 42
Edinburgh "	55 57 23	5 31 18	0 22 5
Falmouth (Glockenth.)	50 9 14	7 24 25	0 29 38
Glasgow (St. John) .	55 52 0	6 36 19	0 26 25
Greenwich (Sternw.) .	51 28 38	2 20 24	0 9 22
Kensington (Sternw.) .	51 30 13	2 32 5	0 10 8
Kew (Pagode) . . .	51 28 16	2 38 4	0 10 32
Liverpool (Sternwarte)	53 24 48	5 20 25	0 21 22
London (St. Paul) .	51 30 49	2 26 12	0 9 45
Makerstoun (Sternw.)	55 34 45	4 51 24	0 19 26
Markree "	54 10 36	10 47 30	0 43 10
Ormskirk "	53 34 18	5 14 24	0 20 58
Oxford "	51 45 38	3 36 8	0 14 25
Plymouth (Neue Kirche)	50 22 20	6 28 29	0 25 54
Portsmouth (Sternw.)	50 48 3	3 26 36	0 13 46

Ortsnamen	Breite.	Länge in Graden.	Länge in Zeit.
Regent's Park (Sternwarte)	51°31′30″ N.	2°29′40″ W.	0h 9m 59s
Richmond (Sternwarte)	51 28 8	2 39 11	0 10 37
Slough „ „	51 30 20	2 56 23	0 11 46
Southampton (Glockenthurm)	50 53 59	3 44 37	0 14 58
South Kilworth (Sternwarte)	52 25 51	3 26 53	0 13 48
Starfield (Sternwarte)	53 25 3	5 17 13	0 21 9
Windsor (Schloß) . .	51 29 0	2 55 59	0 11 44

III. Holland und Belgien.

Ortsnamen	Breite.	Länge in Graden.	Länge in Zeit.
Amsterdam (Westlicher Glockenthurm) . .	52°22′30″ N.	2°32′54″ O.	0h10m12s
Antwerpen	51 13 14	2 3 55	0 8 16
Brügge	51 12 30	0 53 20	0 3 33
Brüssel (Sternwarte) .	50 51 11	2 1 46	0 8 7
Gent	51 3 12	1 23 27	0 5 34
Haag	52 4 20	1 58 16	0 7 53
Luxemburg	49 37 38	3 49 26	0 15 18
Namur	50 28 3	2 30 52	0 10 3
Ostende	51 13 47	0 35 3	0 2 20
Rotterdam	51 55 19	2 8 59	0 8 36
Utrecht (Sternwarte) .	52 5 11	2 47 3	0 11 8

IV. Dänemark, Schweden und Norwegen.

Ortsnamen	Breite.	Länge in Graden.	Länge in Zeit.
Altona (Sternwarte) .	53°32′45″ N.	7°36′ 8″ O.	0h30m25s
Christiania (Neue Sternwarte)	59 54 44	8 23 7	0 33 32
Kopenhagen (Sternw.)	55 40 53	10 14 20	0 40 57
Oeland (Nordkap der Insel)	57 22 20	14 46 15	0 59 5
Portland (auf Island)	63 23 0	21 28 0 W.	1 25 52
Stockholm (Sternw.) .	59 20 34	15 43 20 O.	1 2 53
Upsala	59 51 50	15 18 19	1 1 13
Uranienburg	55 54 26	10 21 32	0 41 26

V. Rußland.

Ortsnamen.	Breite.	Länge in Graden.	Länge in Zeit.
Abo (Sternwarte) . .	60°26′58″ N.	19°56′45″ O.	1h19m47s
Dorpat „ . . .	58 22 47	24 23 13	1 37 33
Jekaterinenburg . . .	56 48 57	58 15 30	3 53 2
Helsingfors (Sternw.)	60 9 42	22 37 30	1 30 30
Kasan (Sternwarte) .	55 47 30	46 46 10	3 7 5
Koslow oder Eupatoria	45 11 45	31 1 52	2 4 7
Kronstadt	59 59 46	27 25 36	1 49 42
Moskau (Sternwarte) .	55 45 21	35 13 44	2 20 55
Nicolajew (Sternw.) .	46 58 21	29 38 24	1 58 34
Nischnij-Nowgorod . .	56 19 43	41 40 34	2 46 42
Odessa (Dom)	46 28 55	28 23 50	1 53 35
Perekop	46 8 43	31 21 39	2 5 27
St. Petersburg (Sternwarte)	59 56 31	27 57 58	1 51 52
Pulkowa (Sternwarte)	59 46 20	27 59 16	1 51 57
Riga	56 57 10	21 45 31	1 27 2
Sewastopol (Domk.) .	44 36 51	31 11 9	2 4 45
Taganrog (St. Michael)	47 12 21	36 36 18	2 26 25
Taguilsk (Nischnij) . .	57 54 57	57 40 6	3 50 40
Warschau (Sternwarte)	52 13 5	18 41 45	1 14 47
Wilna „	54 41 0	22 57 36	1 31 50

VI. Deutschland.

Ortsnamen.	Breite.	Länge in Graden.	Länge in Zeit.
Aachen	50°46′34″ N.	3°44′17″ O.	0h14m57s
Berlin (Alte Sternw.)	52 31 13	11 3 30	0 44 14
Berlin (Neue Sternw.)	52 30 16	11 3 34	0 44 14
Bonn (Sternwarte) . .	50 43 45	4 45 45	0 19 3
Bremen (Olbers' Sternwarte)	53 4 36	6 28 30	0 25 54
Breslau (Sternwarte) .	51 6 57	14 42 9	0 58 49
Braunschweig (Andreasthurm)	52 16 6	8 11 16	0 32 45
Coblenz	50 21 39	5 15 44	0 21 3
Cöln (Dom)	50 56 29	4 37 28	0 18 30
Danzig (Leuchtth.) . .	54 24 15	16 19 51	1 5 19
Darmstadt	49 52 21	6 19 23	0 25 18
Dresden	51 3 39	11 23 47	0 45 35
Düsseldorf	51 13 42	4 26 14	0 17 45

Ortsnamen.	Breite.	Länge in Graden.	Länge in Zeit.
Erfurt	50°58′49″ N.	8°42′15″ O.	$0^h34^m49^s$
Frankfurt am Main . .	50 6 43	6 21 0	0 25 24
Frankfurt an der Oder	52 22 8	12 13 0	0 48 52
Göttingen (Neue Sternwarte)	51 31 48	7 36 30	0 30 26
Hamburg (Sternwarte)	53 33 5	7 37 59	0 30 32
Hannover (Marktthurm)	52 22 20	7 24 9	0 29 37
Helgoland	54 10 46	5 32 43	0 22 11
Ingolstadt	48 45 53	9 5 3	0 36 20
Königsberg (Sternw.) .	54 42 50	18 9 42	1 12 39
Kremsmünster (Sternwarte)	48 3 29	11 47 40	0 47 11
Leipzig	51 20 20	10 2 25	0 40 10
Lübeck (Marienk.) . .	53 52 6	8 20 48	0 33 23
Magdeburg (Dom) . .	52 8 4	9 18 30	0 37 14
Mannheim (Sternw.) .	49 29 13	6 7 30	0 24 30
Mainz (Stephansth.) .	49 59 44	5 56 8	0 23 45
München (Sternwarte zu Bogenhausen) . .	48 8 45	9 16 18	0 37 5
Oldenburg	53 8 19	5 52 59	0 23 32
Potsdam	52 24 45	10 44 46	0 42 59
Prag (Sternwarte) . .	50 5 19	12 4 58	0 48 20
Regensburg (St. Emmeran)	49 1 0	9 45 29	0 39 2
Senftenberg (Sternw.)	50 5 10	14 7 15	0 56 29
Stettin (Neue Navigationsschule) . . .	53 26 21	12 14 34	0 48 58
Trier	49 45 11	4 18 7	0 17 12
Ulm	48 23 50	7 39 15	0 30 37
Wien (Sternwarte) . .	48 12 36	14 2 36	0 56 10

VII. Ungarn, Dalmatien, Türkei, Griechenland nebst den ionischen Inseln.

Ortsnamen.	Breite.	Länge in Graden.	Länge in Zeit.
Adrianopel (Altes Serail)	41°41′26″ N.	24°15′19″ O.	$1^h37^m1^s$
Athen (Parthenon) . .	37 58 8	21 23 30	1 25 34
Bukarest (Metropolitankirche)	44 25 39	23 45 0	1 35 0
Pesth (Sternwarte) . .	47 29 12	16 42 46	1 6 51

Ortsnamen.	Breite.	Länge in Graden.	Länge in Zeit.
Constantinopel (Sophienmoschee) . . .	41° 0′16″N.	26°38′50″O.	1h46m35s
Krakau	50 3 50	17 37 26	1 10 30
Navarino (Moschee) .	36 54 34	19 21 21	1 17 25
Santorin (Eliasberg) .	36 22 1	23 8 18	1 32 33
Sparta (Ruinen) . .	37 4 47	20 5 20	1 20 21
Theben (Thurm) . .	38 19 16	20 58 58	1 23 56
Varna (Moschee Hassan Vairakdar)	43 12 3	25 37 10	1 42 29

VIII. Italien und die Schweiz.

Ortsnamen.	Breite.	Länge in Graden.	Länge in Zeit.
Avulli (Sternwarte) .	46°10′ 8″N.	3°39′55″O.	0h14m40s
Bernhard (Hospiz auf dem Berge)	45 50 16	4 44 18	0 18 57
Bern (Sternwarte) . .	46 57 6	5 6 11	0 20 25
Bologna (Sternwarte)	44 29 54	9 0 36	0 36 2
Chambery (Domk.) .	45 34 8	3 34 47	0 14 19
Civita-Vecchia (Leuchtthurm)	42 5 25	9 26 57	0 37 48
Etna	37 43 31	12 40 45	0 50 43
Florenz (Sternwarte) .	43 46 41	8 55 0	0 35 40
Freiburg (Dom) . . .	46 48 9	4 47 52	0 19 11
Genua (Leuchtthurm) .	44 24 18	6 34 0	0 26 16
Genf (Neue Sternw.) .	46 11 59	3 48 59	0 15 16
St. Gotthard	46 32 1	6 11 8	0 24 45
Malta (Sternwarte) .	35 53 50	12 11 6	0 48 44
Mailand (Sternwarte)	45 28 1	6 50 56	0 27 24
Mont-Cenis (Hospiz auf dem Berge)	45 14 8	4 35 47	0 18 23
Neapel (Sternwarte) .	40 51 47	11 54 57	0 47 40
Neufchatel	46 59 33	4 35 32	0 18 22
Padua (Sternwarte) .	45 24 3	9 31 44	0 38 7
Palermo (Sternwarte)	38 6 44	11 1 0	0 44 4
Parma (S. Giov.) .	44 48 15	7 59 44	0 31 59
Pisa (alte Sternwarte)	43 43 12	8 3 34	0 32 14
Rom (Colleg. Romano)	41 53 52	10 8 28	0 40 34
Turin (neue Sternw.)	45 4 8	5 21 12	0 21 25
Venedig (S. Marco) .	45 25 55	9 59 54	0 40 0
Verona (Sternwarte) .	45 26 8	8 38 50	0 34 35

Ortsnamen.	Breite.	Länge in Graden.	Länge in Zeit.
Vesuv	40°49′14″N.	12° 5′20″O.	0h48m21s
Zürich (Sternwarte) .	47 22 31	6 12 47	0 24 51

IX. Spanien und Portugal.

Ortsnamen.	Breite.	Länge in Graden.	Länge in Zeit.
Barcelona (Mont-Jouy)	41°21′44″N.	0°10′18″W.	0h 0m41s
Cadix (neue Sternw.) .	36 27 45	8 32 15	0 34 9
Formentera	38 39 56	0 48 10	0 3 13
Gibraltar	36 6 42	7 41 2	0 30 44
Isla de Leon (Sternw. von S. Fernando) .	36 27 45	8 32 15	0 34 9
Lissabon (Sternwarte)	38 42 24	11 28 45	0 45 55
Madrid	40 24 57	6 2 15	0 24 9
Valencia	39 28 45	2 44 46	0 10 59

X. Asien.

Ortsnamen.	Breite.	Länge in Graden.	Länge in Zeit.
Babylon	32°31′ 0″N.	41°51′ 0″O.	2h47m24s
Barnaul	53 19 21	81 43 27	5 26 54
Benarez (Sternwarte) .	25 18 33	80 35 28	5 22 22
Bombay (Leuchtthurm)	18 54 25	70 33 12	4 42 13
Canton	23 8 9	110 56 30	7 23 46
Chandernagor . . .	22 51 26	86 1 48	5 44 7
Erzerum	39 55 16	38 58 8	2 35 53
Jakutsk	62 1 50	127 23 25	8 29 34
Ispahan	32 39 34	49 24 22	3 17 37
Jerusalem	31 47 47	32 51 15	2 11 25
Kars (Festung) . . .	40 37 2	40 48 39	2 43 15
Makao	22 11 25	111 13 53	7 24 56
Madras (Sternwarte).	13 4 9	77 53 55	5 11 36
Malacca (Fort) . . .	2 11 24	99 54 36	6 39 38
Nanking	32 4 40	116 27 0	7 45 48
Peking (kais. Sternw.)	39 54 13	114 8 30	7 36 34
Pondichery	11 55 41	77 29 7	5 9 56
St.-Jean-d'Acre . . .	32 57 0	32 44 2	2 10 56
Schelagskoi (Vorgeb.)	70 6 0	168 43 36	11 14 54
Sinope (Schloß) . .	42 2 30	32 49 30	2 11 18
Smyrna	38 25 38	24 48 6	1 39 12
Tiflis (Garten d. Gouv.)	41 41 4	42 30 16	2 50 1
Tigilskaja (Fort) . .	57 45 55	156 16 0	10 25 4

Ortsnamen.	Breite.	Länge in Graden.	Länge in Zeit.
Tobolsk	58°12'39" N.	65°56'15" O.	$4^h23^m45^s$
Trapezunt	41 1 0	37 24 37	2 29 38
Tripolis	34 26 22	33 29 11	2 13 57

XI. Südsee nebst Neuholland.

Ortsnamen.	Breite.	Länge in Graden.	Länge in Zeit.
Banda (Insel Gunong Ap.)	4°30'30" S.	127°30' 0" O.	$8^h30^m0^s$
Batavia (Stadt) ..	6 8 55	104 32 57	6 58 12
Jackson (Leuchtthurm) .	33 51 11	148 57 53	9 55 52
Port Macquarie ...	31 25 32	150 37 1	10 2 28
Manilla (Dom) ...	14 35 26 N.	118 38 39	7 54 35
Paramatta	33 48 45 S.	148 40 45	9 54 43
Sandwich (Cap) ...	18 13 20 S.	143 56 16	9 35 45
Sanguir (Ins., Nordsp.)	3 43 20 N.	123 6 20	8 12 25
Vandiemens-Cap auf Melvilleinsel ...	11 8 15 S.	128 0 6	8 32 0

XII. Inseln im großen Ocean.

Ortsnamen.	Breite.	Länge in Graden.	Länge in Zeit.
Akaroa	43°51' 9" S.	170°39'15" O.	$11^h22^m37^s$
Antipodeninseln ...	49 40 0	177 19 36	11 49 18
Baring	5 35 0 N.	166 1 0	11 4 4
Boston	4 45 0	165 50 0	11 3 20
Bulangha (Südostsp.)	19 9 25 S.	179 9 0	11 56 36
Neu-Caledonien ...	20 17 11	162 4 31	10 48 18
Chataminsel	43 57 0	179 5 0 W.	11 56 20
Cap der Befreiung (Luisiada)	11 21 50	152 6 0 O.	10 8 24
Galapagos (Südwestspitze d. Stephensbai)	0 50 0	91 57 9 W.	6 7 49
Guadaloupe (höchste Spitze)	29 7 25 N.	120 42 26 W.	8 2 50
Nukahiva (Hafen Anna Maria)	8 57 30 S.	142 30 15	9 30 1
Sandwich (Südostsp.)	3 3 0	148 28 20 O.	9 53 53
Vanikoro	11 40 24	164 31 47	10 58 7

XIII. Afrika nebst den Inseln im atlantischen und indischen Ocean.

Ortsnamen.	Breite.	Länge in Graden.	Länge in Zeit.
Alexandrien (Leuchtth.)	31°12'53" N.	27°32'35" O.	$1^h50^m10^s$
Algier (Leuchtthurm) .	36 47 20	0 44 10	0 2 57

Ortsnamen.	Breite.	Länge in Graden.	Länge in Zeit.
Bermudainseln (Fort St. Katharina . .	32°23′13″ N.	66°58′ 1″ W.	4ʰ27ᵐ52ˢ
Bona (Hospital) . . .	36 53 58	5 25 41 O.	0 21 43
Cap der Guten Hoffnung (Sternwarte) . . .	33 56 3 S.	16 8 21	1 4 33
Bugia	36 46 34 N.	2 44 36	0 10 58
Insel Bourbon (St. Denis)	20 51 43 S.	53 9 52	3 32 39
Cairo (Janitscharenth.)	30 2 4 N.	28 55 12	1 55 41
Constantine (Casbah) .	36 22 21	4 16 36	0 17 6
Insel Fer (Westspitze) .	27 45 0	20 30 0 W.	1 22 0
Isle de France (Louis-Hafen)	20 9 45 S.	55 12 0 O.	3 40 48
St. Helena (Sternw.)	15 55 0	8 3 13 W.	0 32 13
Marokko	31 37 20 N.	9 56 24	0 39 46
Mostaganem (Fort) . .	35 55 57	2 14 46	0 8 59
Oran (Schloß St. Croix)	35 42 40	2 59 39	0 11 59
Sandwichland (Cap Montagu)	58 33 0 S.	29 6 0	1 56 24
Tanger	35 47 13 N.	8 8 25	0 32 34
Teneriffa (Hafendamm)	28 27 57	18 35 8	1 14 21
Insel Trinidad (Südostspitze)	20 32 26 S.	31 39 50	2 6 39
Tripolis (Consulat) .	32 53 40 N.	10 51 18 O.	0 43 25
Tunis (französ. Flagge)	36 46 48	7 50 52	0 31 23

XIV. Nordamerika.

Ortsnamen.	Breite.	Länge in Graden.	Länge in Zeit.
Albany	42°39′ 3″ N.	76° 5′13″ O.	5ʰ 4ᵐ21ˢ
Baltimoore (Schlachtdenkmal)	39 17 23	78 57 54	5 15 52
Barrowspitze	71 23 31	158 41 54	10 34 48
Behringsbai	59 7 20	140 53 47	9 23 35
Boston (Staatenhaus)	42 21 23	73 24 33	4 53 38
Cambridge (Sternw.)	42 22 49	73 27 56	4 53 52
Cincinnati (Fort Washington)	39 5 54	86 44 24	5 46 58
St. Eliasberg	60 17 35	143 11 21	9 32 45

Ortsnamen.	Breite.	Länge in Graden.	Länge in Zeit.
Im Eriesee (Ins. Turtle)	41°45′ 4″ N.	85°43′21″ W.	$5^h42^m53^s$
Mexico	19 25 45	101 25 30	6 45 42
New-York (Columbia-collegium)	40 42 45	76 20 27	5 5 22
New-Orleans (Rathhaus)	29 57 47	92 27 27	6 9 50
Philadelphia (Gymnas.)	39 57 7	77 29 54	5 10 0
Quebec (Citadelle) . .	46 49 12	73 36 24	4 54 26
S. Francisco (Fort) .	37 48 30	124 48 26	8 19 14
Toluca	19 16 19	101 41 45	6 46 47
Vera-Cruz (St. Jean-d'Ulloa)	19 11 52	98 29 0	6 33 56
Washington (Sternw.)	38 53 39	79 23 10	5 17 33

XV. Antillen.

Ortsnamen.	Breite.	Länge in Graden.	Länge in Zeit.
Barbados (Fort Willoughby)	13° 5′ 0″ N.	61°56′48″ W.	$4^h 7^m47^s$
Basse-Terre (Guadeloupe)	15 59 30	64 4 22	4 16 17
St. Domingo (Haiti) .	18 28 40	72 12 39	4 48 51
Fort-Royal (Martinique) (Fort St. Louis) .	14 36 7	63 24 24	4 13 38
Havanna	23 9 24	84 42 44	5 38 51
Pointe-à-Pitre (Fort Ilet à Cochons)	16 14 12	63 51 32	4 15 26
Porto-Rico (Stadt) .	18 29 10	68 28 0	4 33 52
Insel Trinidad (spanisch. Hafen)	10 38 56	63 50 52	4 15 23

XVI. Südamerika.

Ortsnamen.	Breite.	Länge in Graden.	Länge in Zeit.
Arequipa	16°24′11″ S.	73°55′36″ W.	$4^h55^m42^s$
Buenos-Ayres . . .	34 36 18	60 44 12	4 2 57
Cayenne (Fort) . . .	4 56 28 N.	54 38 45	3 38 35
Chimborazo	1 29 0 S.	81 22 30	5 25 30
Coquimbo (Stadt) . .	29 54 10	73 39 9	4 54 37
Lima (San-Juan-de-Dios)	12 2 34	79 27 45	5 17 51
Montevideo (Domk.) .	34 54 8	58 33 25	3 54 14

Pasto	1°13′ 5″ N.	79 41′40″ W.	5h18m47s
Paz (la)	16 29 57 S.	70 29 25	4 41 58
Potosi	19 35 18	67 54 39	4 31 39
Quito	0 14 0	81 5 30	5 24 22
Rio-Janeiro	22 54 23	45 30 0	3 2 0
Santa-Fe de Bogota .	4 35 48 N.	76 34 8	5 6 17
Santiago di Chile (Sternwarte) . . .	33 26 22 S.	72 55 7	4 51 41
San-Sebastian . . .	23 46 52	47 42 8	3 10 49
Valparaiso	33 1 55	74 1 39	4 56 7

Aus vorstehenden Tafeln kann man entnehmen, daß im Augenblicke des pariser Mittags die Uhren zeigen zu

Straßburg . . .	0h21m40s	Nachm.	Ispahan . . .	3h17m37s	Nachm.
Rom	0 40 34	„	Pondichery . .	5 9 56	„
Berlin	0 44 14	„	Canton	7 23 46	Abends.
Stockholm . . .	1 2 53	„	Peking	7 36 34	„
Warschau . . .	1 14 47	„	Nanking . . .	7 45 48	„
Athen	1 25 34	„	Sanqir	8 12 25	„
Constantinopel.	1 46 35	„	Port-Jackson .	9 55 52	„
St. Petersburg	1 51 52	„	Neucaledonien	10 48 18	„
Sebastopol . . .	2 4 45	„	Antipodeninsel	11 49 18	„
Jerusalem	2 11 25	„	Bulangha . .	11 56 36	„
Babylon	2 47 26	„			

Betrachtet man dagegen westlich gelegene Oerter, so findet sich im Augenblicke des pariser Mittags die Ortszeit zu

Madrid	11h35m51s	Vorm.	New-York . .	6h54m38s	Morgens.
Brest	11 32 42	„	New-Orleans	5 50 10	„
Lissabon	11 14 5	„	Mexico	5 14 18	„
Insel Ferro . . .	10 38 0	„	San Francisco	3 40 46	„
Rio-Janeiro . .	8 58 0	„	Nukahiva . . .	2 29 59	„
Port-Louis . . .	8 19 2	„	Chataminsel .	0 3 40	„
Bermuda-Inseln	7 32 8	„			

Oeffentliche Verhandlungen werden meist nach der Ortszeit datirt; Gleichzeitigkeit ist aber, wie man sieht, keineswegs ein charakteristisches Merkmal des menschlichen Lebens auf diesem Planeten.

Zweiundzwanzigstes Kapitel.

Bestimmung der Größe der Meridianbogen.

Aus den Beobachtungen der Längen und Breiten ergeben sich zunächst nur die Winkelgrößen, welche über die wirklichen räumlichen Abstände der Oerter untereinander direct Nichts lehren. Man muß vielmehr zu Abmessungen wirklicher Längen an der Erdoberfläche schreiten, um eine richtige Vorstellung von den Dimensionen des Erdkörpers zu erhalten, und um den genauen Maaßstab für die eigentlichen Entfernungen der Oerter zu finden, die man nach ihren Coordinaten auf die Karte aufgetragen hat. Das Verfahren bei Bestimmung eines Meridiangrades ist uns bekannt; dasselbe bleibt ungeändert, gleichviel ob man dabei die Erde als sphärisch oder als einen Umdrehungskörper betrachtet, oder ob man über die eigentliche Gestalt keine Voraussetzung macht und den Meridianbogen demgemäß definirt als die Reihenfolge aller Punkte, welche dieselbe Länge haben (8. Kap. S. 57). Jedenfalls muß man die Entfernung messen, welche zwischen zwei Punkten besteht, die unter gleicher Länge liegen und deren Verticallinien untereinander einen Winkel von einem Grade bilden. Diese Entfernung ist übrigens nicht auf der festen Erdoberfläche, sondern auf der mittleren, hinreichend verlängert gedachten Meeresoberfläche auszumessen. Mißt man auf diese Weise die Länge eines Grades zwischen zwei unter demselben Meridiane belegenen Punkten in verschiedenen Polhöhen, so wird sich aus solchen Messungen ergeben, ob die Erde nach der einen oder der andern Richtung hin abgeplattet ist, da der Bogen von einem Grade nach der Seite hin, wo eine Anschwellung vorhanden ist, kleiner ausfallen muß. Vergleicht man dagegen die Länge vom Bogen eines Grades, auf verschiedenen Meridianen, aber unter derselben Polhöhe gemessen, so wird man erkennen, ob der Erdkugel wirklich die Gestalt eines Umdrehungskörpers zukommt; denn soll dies der Fall sein, so muß man unter derselben Polhöhe auf allen Meridianen stets dieselbe Größe für die Länge eines Grades finden. Man erkennt ohne Schwierigkeit, daß es hierbei nicht unbedingt erforderlich ist, die Länge von einem Grade zu messen, sondern daß man innerhalb gewisser Gränzen der Annäherung die

Länge eines Meridianbogens proportional setzen kann der Größe des Winkels, den die Verticallinien durch die Endpunkte des Bogens miteinander bilden. Auf diese Bemerkung gestützt läßt sich auf die Länge des Bogens von einem Grade auch aus einem größeren vermessenen Bogen schließen. Ebenso leicht ersieht man, daß Messungen auf sehr benachbarten Meridianbogen als identisch gelten können.

Wie man die Längen und Breiten bestimmt, wissen wir bereits; es bleibt also nur noch übrig anzugeben, auf welche Weise man eine Weglänge an der Erdoberfläche genau abmessen kann, dergestalt daß diese Länge in die Richtung eines Meridians falle und überdies diejenige sei, welche man auf der mittleren Oberfläche des über die ganze Erde ausgedehnten Oceans finden würde. Nur in wenigen Ausnahmefällen läßt sich diese Messung direct auf dem Erdboden ausführen, und zwar mittelst eines Maaßstabes von bekannter Länge, den man nach und nach an die einzelnen Theile des Bogens anlegt, welchen man zu messen beabsichtigt. Dies Verfahren haben im Jahre 1768 die Astronomen Mason und Dixon in Nordamerika befolgt (2. Kap. S. 12). Aber in den allermeisten Fällen muß man eine Triangulation anstellen, welche darin besteht, daß man auf beiden Seiten des durch einen Ausgangspunkt gehenden Meridians eine genaue Anzahl Punkte auswählt, die so belegen sind, daß man sie aus der Ferne wahrnehmen kann, also z. B. die Spitzen hoher Gebäude oder künstlicher Signale, die auf Berggipfeln errichtet werden. Bei nächtlichen Beobachtungen wendet man Lampen mit Spiegeln an, welche hinreichend Licht reflectiren, um in großen Entfernungen sichtbar zu bleiben. Mißt man nun die Winkel, welche die durch diese verschiedenen Punkte gelegten Verticalebenen miteinander machen, und bestimmt außerdem die Winkel, welche diese Ebenen mit der Meridianebene einschließen, so wie endlich die Winkeldistanzen selbst an den verschiedenen Stationspunkten, so entstehen Dreiecke, in welchen alle Winkel bekannt sind. Sobald man hierauf direct eine der Dreiecksseiten mißt, die als Basis des ganzen Netzes gilt, so ergibt die Rechnung alle übrigen Seiten und zugleich die Größe des die ganze Reihe von Dreiecken durchziehenden Meridianbogens.

Das vorzüglichste Beispiel, das man von letzterem Verfahren

geben kann, ist die Messung des Meridianbogens durch Frankreich, welche Delambre und Méchain von Dünkirchen bis Barcelona ausgeführt haben, und die von Biot und mir in den Jahren 1806 bis 1808 durch Spanien bis zu der kleinen Insel Formentera fortgesetzt wurde. Im Jahre 1821 war ich, in Verbindung mit den Herren Colby, Kater und Mathieu, wiederum an dem Anschlusse dieser Messung an die schöne englische Triangulation betheiligt. In den Figuren 275 bis 286, S. 256 sind die Dreiecke dargestellt, welche behufs dieser großen Unternehmung gemessen wurden, deren geschichtliches Detail schon im zweiten Kapitel (S. 11) mitgetheilt wurde. Fig. 275 enthält die Dreiecke, welche die greenwicher Sternwarte als den oberen Ausgangspunkt des gemessenen Bogens mit Dünkirchen verbinden, das seinerseits auf dem durch das pariser Pantheon gehenden Meridiane belegen ist. Der Bogen von Montjouy, in der Nähe Barcelona's, bis zum Endpunkte Formentera fällt fast ganz auf die Meeresfläche; er wurde dadurch gemessen, daß man die Reihe von Dreiecken an der spanischen Küste entlang von Barcelona aus bis zum Königreich Valencia verlängerte (Fig. 284, 285 und 286), und die Küste von Valencia mit den Inseln durch ein sehr großes Dreieck in Verbindung setzte, dessen eine Seite mehr als zwanzig deutsche Meilen beträgt. Zu den 16 Dreiecken, die Biot und ich in Ausführung des uns vom Längenbureau gestellten Auftrages gemessen hatten, habe ich dann noch ein 17tes hinzugefügt, welches den Clop de Galazo*) auf der Insel Majorka mit Iviza und Formentera (Fig. 286) verbindet, und erhielt auf diese Weise die Messung eines Parallelbogens von anderthalb Graden.

Vom Messen der Winkel brauche ich hier nicht zu handeln; dem Leser ist bereits bekannt, wie man sie entweder mit dem Theodoliten (Fig. 89 des ersten Bds. d. Astr. S. 193) oder mit dem Repetitionskreise (Fig. 250 und 251, S. 203 und 204 des dritten Bds.) erhält. Wohl aber bedarf noch die Basismessung einer Erläuterung. Aus Fig. 278 ersieht man, daß die Basis der französischen Triangulation auf der Straße von Melun nach Lieusaint ausgewählt wurde, die sich

*) Man vergleiche die Geschichte meiner Jugend in dem ersten Bande der sämmtlichen Werke S. 30 u. ff.

wegen ihrer großen Regelmäßigkeit vorzüglich zu einer derartigen Operation eignete. Indessen wünschte man eine Prüfung für die weitläufige Berechnung dieser langen Dreieckskette, welche dem Leser in der Abbildung vorliegt, hinzuzufügen, und beschloß deßhalb die Messung einer zweiten Basis oder Gradlinie in der Nähe von Perpignan (Fig. 282), d. h. in der Nähe des südlichen Endes der Triangulation. Wie sehr gering der Unterschied gefunden wurde zwischen der directen Messung dieser letzteren Basis und demjenigen Werthe, der aus der Berechnung von 53 Dreiecken auf Grund der bei Melun gemessenen Basis folgte, werde ich weiter unten mittheilen. Um dem Leser aber begreiflich zu machen, daß eine solche Uebereinstimmung keineswegs dem Zufalle zu danken war, sondern nothwendig aus der Vortrefflichkeit und der Genauigkeit der bei der Messung angewandten Instrumente und Verfahren hervorging, so will ich wenigstens in Kürze die Messungsweise beschreiben, deren sich damals die französischen Astronomen bedient haben. Man zog zuerst mittelst Absteckpfähle, die mit Hülfe des Fernrohrs aufgestellt wurden, eine gerade Linie an einer vorzüglich ebenen Stelle. Diese Pfähle befinden sich in richtiger Stellung, sobald der Verticalfaden vom Fadenkreuze des Fernrohrs alle Focalbilder der Stäbe in der Mitte halbirt.

Auf die so abgesteckte Linie legt man hierauf Maaßstäbe von genau bekannter Länge einen neben den andern, wobei man sich sehr vorsichtig vor jedem Versehen beim Aneinanderlegen der Stäbe zu hüten hat. Diese Operation ist schwieriger, als man ohne vorherige genauere Untersuchung der Frage vermuthen sollte.

Man verwandte dazu vier Meßstangen, von denen jede zur Bezeichnung mit einer Zahl versehen war. Außerdem waren die Holzunterlagen, auf denen sich die eigentlichen Maaßstäbe befanden, in verschiedenen Farben bemalt, so daß man nicht auf die Nummern zu achten brauchte. Auf jedem der Maaßstäbe, die aus Platin gefertigt waren, hatte man einen etwas kürzeren kupfernen Maaßstab angebracht; eine Einrichtung, wodurch die Maaßstäbe selbst ihre eigenen Thermometer sein sollten, weil bekanntlich die verschiedenen Körper sich mit zunehmender Temperatur verschieden ausdehnen. Durch Vergleichung der Längenunterschiede zwischen den Platin- und den Kupfer-

stäben ergab sich die eigentliche Temperatur im Augenblicke jeder Beobachtung, und man konnte somit die ganze Operation auf einen und denselben Temperaturgrad reduciren. Wenn der Leser einen Blick auf die einleitenden Kapitel werfen wird, die ich demjenigen Buche, das von den Klimaten und Jahreszeiten handelt, vorausgeschickt habe, so wird ihm die Nothwendigkeit dieser Vorsichtsmaaßregel sogleich einleuchten.

Die Länge jedes dieser vier Doppelstäbe betrug zwei Toisen, bei einer Breite von etwa sechs Linien und einer Dicke von etwa einer Linie. Mittelst eines am Ende des Kupferstabes angebrachten Vernier's ließ sich die relative Längenänderung des Kupfers mit größter Genauigkeit beobachten, woraus sich dann die absolute Verlängerung des Platins ergab. Der Aenderung eines Verniertheiles entsprach eine Ausdehnung von 0,000009245 Toisen des Platinstabes. Am äußersten Ende dieses letzteren Stabes, das von dem Kupferstabe nicht mehr bedeckt war, hatte man eine Zunge oder ein kleines Stäbchen von Platin angebracht, das sich mit leichter Reibung zwischen zwei Führungen verschob. Diese Zunge war in Zehntausendtel der Toise getheilt, und mittelst eines auf der einen Führung angebrachten Verniers ließen sich die Hunderttausendtel ablesen; diese Einrichtung machte es unnöthig, zwei aufeinander folgende Maaßstäbe in vollkommene Berührung zu bringen, wodurch Anstoßen und Verschieben unausbleiblich eingetreten wären. Dadurch aber, daß die Zunge sich zwischen den Führungen hin und her schieben ließ, bildete sie eine Verlängerung des Stabes, deren Größe der Vernier angab. Dieser Vernier war, gleich dem des Metallthermometers, zu größerer Genauigkeit und Erleichterung der Beobachtung, mit einem Mikroskope versehen, so daß sich noch Viertel von diesen Hunderttausendteln der Toise abschätzen ließen.

Indessen waren diese Maaßstäbe zu dünn und zu biegsam, um allein und ohne Fassung angewandt zu werden; jeder derselben befand sich deßhalb auf einem sehr genau gearbeiteten, hölzernen Stabe, auf dem er zwischen kleinen Stiften ruhte, welche ein Verbiegen aus der geraden Linie unmöglich machten, ohne jedoch die Ausdehnung zu behindern.

„Diese Holzstäbe waren mit einem Dache ttt (Fig. 287, S. 249) bedeckt, welches sie," sagt Delambre, dem ich diese Einzelheiten entlehne,

vor den Sonnenstrahlen schützen sollte; denn das directe Bescheinen der Sonne würde in dem Kupferstabe eine schleunige Ausdehnung hervorgebracht haben, während das vom Kupfer gegen die Sonne geschützte Platin sich bedeutend langsamer erwärmt hätte; der Gang des Verniers würde in diesem Falle kurze Zeit hindurch eine absolute Ausdehnung, nicht aber eine relative Verlängerung angezeigt haben. Unter diesem Dache war jedoch eine mehrere Zoll große Lichtöffnung gelassen, damit der Beobachter überall die Stäbe gut sehen und die geringste, möglicherweise eintretende Verrückung wahrnehmen konnte. Dies führte den Uebelstand herbei, daß das Dach, sobald die Sonne Morgens und Abends niedrig stand, die sehr schiefen Strahlen nicht abhielt; um die Stäbe vor diesen zu schützen, ließ ich dann nur an der Sonnenseite einen Streifen Leinwand ausspannen, der an das Dach befestigt wurde, und die Strahlen zurückwarf oder auffing.

„Jeder einzelne Holzstab ruhte auf zwei eisernen Dreifüßen TT, TT, die man mittelst dreier Schrauben in die gehörige horizontale Stellung brachte. Zu vermehrter Festigkeit waren diese Schrauben nur einige Zolle hoch. Die Dreifüße ruhten ihrerseits auf Holzunterlagen VV, VV, die an ihrer unteren Fläche mit drei Eisenspitzen versehen waren, welche in den Erdboden eingedrückt jede Verschiebung hinderten und den ganzen Apparat, solange nicht sehr heftiger Wind eintrat, in unveränderlicher Stellung erhielten; in diesem letzteren Falle unterbrach man das Messungsgeschäft. Um die Maaßstäbe in die gehörige Lage hintereinander legen zu können, hatte man auf jedes Dach, nach den beiden Enden hin, verticale Eisenspitzen pp befestigt, deren nach unten hin verlängerte Axen den Stab seiner Breite nach in zwei gleiche Theile getheilt hätten.“

Am vordern Ende sieht man die Mikroskope mm des Metallthermometers und des Verniers an der Zunge.

In Fig. 288 S. 249, welche die Obenansicht jeder Meßstange zeigt, erkennt man in bbb die Stücke, welche den Stab in gerader Richtung erhalten ohne ihn zu klemmen und ohne die Ausdehnung zu behindern, und in PPPP vier Doppelhaken, durch welche zwei Seitenschrauben hindurchgehen, welche ihrerseits die Bestimmung haben, den Stab zu berichtigen und seitwärts gerade zu erhalten.

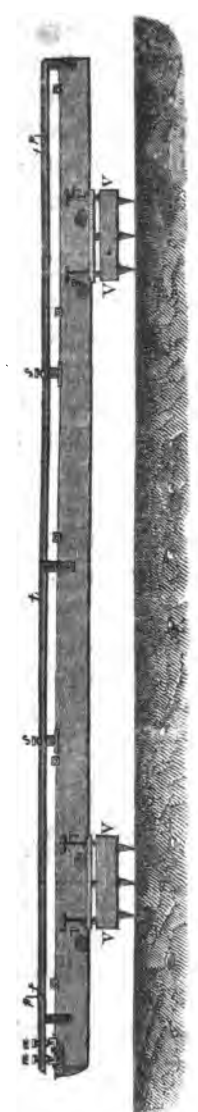


Fig. 287. — Seitenansicht einer Meßstange bei den Basismessungen in der Nähe von Melun und Perpignan.



Fig. 288. — Obenansicht einer Meßstange bei den Basismessungen in der Nähe von Melun und Perpignan.

Von diesen Maaßstäben ist jeder mit der Toise verglichen worden, deren sich Bouguer bei der Gradmessung bedient hatte, und welche das authentische Urmaaß geworden ist, auf das man alle Linearmessungen bezogen hat. Auf diesen Umstand werde ich später an der Stelle zurückkommen, wo wir uns in dem Buche, das von den Erscheinungen im Gebiete der allgemeinen Gravitation und von den wahren Dimensionen des Planetensystems handeln soll, mit dem metrischen Systeme beschäftigen werden.

Wie genau man indessen auch jede einzelne Messung angestellt hätte, so ist doch einleuchtend, daß sie zu jedem Zwecke unbrauchbar geblieben wäre, hätte man nicht jedesmal in einer Richtung gemessen, die sich ohne Weiteres auf die desjenigen Erdbogens beziehen ließ, den man als mit der Basis zusammenfallend denken kann, d. h. hätte man nicht bei jedem Niederlegen des Stabes seine Neigung gegen den Horizont ermittelt; denn jede einzelne Meßstange genau horizontal zu legen, daran war bei einer so bedeutenden Länge, wie zwei Toisen, nicht zu denken. Deßhalb mußte man mittelst eines Niveau ermitteln, welchen Winkel der Stab bei jedem neuen Auflegen mit dem Horizonte bildete, um, nach den ersten Grundsätzen der Trigonometrie, die gemessene Länge auf die wahre reduciren zu können.

Man sieht in Fig. 288 in SS die Stützen, auf welche das in Figur 289 dargestellte Niveau aufgesetzt wurde. Dies Niveau ist auf einer Alhidade angebracht, die sich um ein Charnier dreht, welches an der oberen Spitze eines Richtscheits ABD angebracht ist. Das untere Ende der Alhidade gleitet in einer Rinne, und an einem Punkte dieser Rinne wird die Alhidade mittelst der

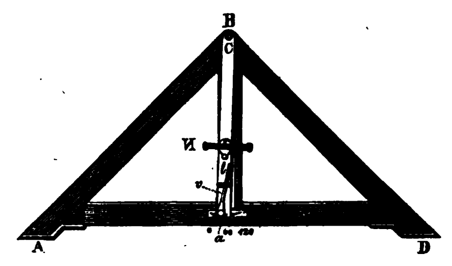


Fig. 289. — Niveau bei den Basismessungen in der Nähe von Melun und Perpignan.

Druckschraube a festgestellt, sobald das Niveau eine nahezu horizontale Lage anzeigt; hierauf bringt man endlich die Alhidade mittelst des

Hebels lv in die richtige Lage. Die Neigung wird durch einen Vernier angegeben, und zwar durch Coincidenz seiner Theilstriche mit denen einer festen Scale V, auf welcher ein Bogen von 10 Graden in 120 Theile, jeder einzelne folglich 5 Minuten groß, getheilt ist. Der Punkt 60 entspricht der horizontalen Lage der Basis des Richtscheits. Eine Neigung nach einer oder der andern Seite hin wird durch die Anzahl von Intervallen bestimmt, die der Vernier bis zum horizontalen Stande des Niveau in irgend einer Lage des Richtscheits durchlaufen muß. Es ist rathsam, nach der ersten Nivellirung das Instrument umzuwenden, d. h. den Fuß A dahin zu bringen, wo sich zuerst der Fuß D befand und umgekehrt; man liest alsdann den Unterschied der beiden Bogen ab, und dieser ist das Doppelte von der gesuchten Neigung.

Ich werde jetzt über das Messungsverfahren noch einige Einzelheiten beibringen, welche ich wiederum Delambre entlehne.

„Zuvörderst legte man den Stab No. 1 in die Richtung der Basis dergestalt, daß ein den Stab an seinem Ende berührendes Bleiloth genau auf den Ausgangspunkt fiel: es bleibt folglich noch die halbe Dicke des Fadens im Berührungspunkte hinzuzufügen.

„Diesen ersten Stab hatte man mittelst der beiden im Dache befindlichen Eisenspitzen in seine gehörige Lage gebracht. Um die Richtung zu haben, war eine Mire oder ein genau verticales Stäbchen über den ersten Piketpfahl in 100 Toisen Entfernung aufgestellt worden; ein hinterwärts vom Maaßstabe am Erdboden liegender Beobachter prüfte, ob beide Spitzen hintereinander gesehen genau auf die Mire zeigten.

„An den ersten Stab legte man dann in derselben Richtung den Maaßstab No. 2 an, ließ jedoch absichtlich zwischen beiden Stäben einen kleinen Zwischenraum, der darauf mittelst der Zunge gemessen wurde. Ebenso ward der Stab No. 3 hinter No. 2 gelegt, und in gleicher Weise No. 4 hinter No. 3. Nachdem alle vier Stäbe in dieser Weise niedergelegt waren, prüfte ich jedesmal, ob alle acht Spitzen genau auf der Mire projicirt erschienen.

„Jetzt wurde das Niveau auf den Stab No. 1 aufgestellt, und zwar die Vorderseite östlich; ich machte die Ablesung, welche unver-

züglich in die beiden verschiedenen Beobachtungsjournale, die man alsbald miteinander verglich, eingetragen wurde. Man setzte das Niveau zum zweiten Male auf, die Vorderseite westlich, und diese zweite Beobachtung wurde ebenso abgelesen, eingetragen und verglichen. Dasselbe geschah mit den drei folgenden Stäben.

„Hierauf legte ich mich auf den Erdboden, um den Vernier des Metallthermometers von No. 1 abzulesen; ich schob in sanfter Bewegung die Zunge hervor, um sie mit dem Stabe No. 2 in Berührung zu bringen. Beide Beobachtungen wurden der Reihe nach, gleich allen übrigen, in das doppelte Journal eingetragen, und danach wurde noch am Mikroskope der Zunge geprüft, ob ich mich etwa bei der Beobachtung versehen hatte. Nach der Ablesung stellte ich die Zunge in ihr Gehäuse zurück. Dieselbe Operation wurde der Reihe nach mit den Stäben 2 und 3 ausgeführt, und hierauf der Stab No. 1 an den Stab No 4 vorn angelegt, und Thermometer sowie Zunge dieser letzteren abgelesen. Darauf wurde der Stab No. 2 an den Stab No. 1 angelegt, und so folgten sich bis zum Abend hin alle Beobachtungen in derselben Reihenfolge ....

„Sobald man bemerkte daß aufzuhören war, d. h. etwa eine halbe Stunde bevor das Ablesen des Verniers unmöglich werden mußte, so legte man provisorisch den Stab No. 1 nieder, mit welchem am nächsten Morgen wieder zu beginnen war, und bezeichnete auf dem Boden die Stelle, wo der Endpunkt des Stabs hinfallen mußte. Hierauf entfernte man denselben, um ein Loch in die Erde zu graben; in dieses stieß man einen Pfahl ein, auf welchen mit zwei oder drei Nägeln eine Bleiplatte befestigt ward.

„Waren diese Vorbereitungen beendet, so legte man den Stab No. 1, dessen Zunge zurückgeschoben blieb, wieder an seinen Ort, maß die Neigung desselben, las das Thermometer und die Zunge von No. 4 ab, ferner das Thermometer von No. 1, worauf man von dem vorderen Ende dieses letzteren Stabes ein Bleiloth herabließ, dessen Spitze ein Zeichen auf der Metallplatte des vorhin erwähnten Pfahles zurückließ. Durch diesen Punkt zog man dann auf der Bleiplatte zwei sich unter rechten Winkeln kreuzende Linien, die eine in der Richtung der Grundlinie, die andere senkrecht darauf, und bedeckte schließlich die

Platte mit einem hölzernen, an der unteren Seite dergestalt ausgehöhlten Deckel, daß Holz und Metall sich an keiner Stelle berührten. Das Loch wurde hierauf durch Hineinschütten der Erde geschlossen.

„Am nächsten Morgen wurde die Platte aufgegraben; man brachte den Stab No. 1 in dieselbe Lage, wie am vorigen Abend, d. h. so, daß das Bleiloth genau auf denselben Punkt fiel.

„Dieser Stab war nun der erste im neuen Tagewerke; man legte daran die drei übrigen, genau so wie am ersten Tage geschehen war, beobachtete Neigung, Thermometer und las die Zunge ab, und fuhr damit den Tag über fort, wie am vorhergehenden."

Aus dem Mitgetheilten wird der Leser bereits ersehen, welcher mühevollen, peinlichen Sorgfalt sich der Astronom unterziehen muß; nur um diesen Preis darf er hoffen, seine Messungen genau und brauchbar ausfallen zu sehen. Wie groß ist indessen auch der Lohn seiner Mühen, wenn sich am Schlusse eine vollständige Bestätigung seiner Arbeiten ergibt, und er diese, gegen jeden Angriff gesichert der Nachwelt überliefern kann!

Auf Messung der Basis bei Melun mußten vierzig Tage verwandt werden, und die Basis bei Perpignan kostete einundfunfzig. Die Reduction der erhaltenen Längen auf Bogen im Niveau des Meeres und auf die Temperatur $16^1/_4$ Grade des hunderttheiligen Thermometers, ergab die folgenden Zahlen:

Basis bei Melun zufolge der Messung . . 6075,90 Toisen.
Basis bei Perpignan zufolge der Messung 6006,25 „

Dagegen ergab die Berechnung der 53 vorhin erwähnten Dreiecke, wenn man von der bei Melun gemachten Basis ausgeht, um daraus die perpignaner Basis herzuleiten, für diese letztere:

Basis bei Perpignan zufolge der Rechnung . . . . . . 6006,09 T.
daher Unterschied zwischen Rechnung und Beobachtung 0,16 „

d. h. der Unterschied betrug nur etwa 11 Zoll, obgleich die beiden vermessenen Grundlinien mehr als 82 geogr. Meilen voneinander entfernt sind: gewiß eine denkwürdige Uebereinstimmung, welche von keiner andern geodätischen Vermessung übertroffen worden ist.

Dreiundzwanzigstes Kapitel.

Abplattung der Erde.

Wäre die Erde von genau kugelförmiger Gestalt, so müßte man die Meridianbogen unter jeder Polhöhe gleich groß finden, wenigstens müßten die gefundenen Werthe abwechselnd in einem und dem andern Sinne um einen Mittelwerth schwanken, da man, bei der Unvollkommenheit unserer Sinneswerkzeuge, niemals hoffen kann, aus angestellten Messungen den absolut richtigen Werth ganz fehlerfrei zu finden. Vergleicht man aber die verschiedenen Werthe für die Länge eines Grades in verschiedenen Punkten des Meridianbogens, von der greenwicher Sternwarte an bis zu der kleinen Insel Formentera, so ergeben sich für die sechs Abschnitte, welche die Astronomen bei der Messung des französischen Meridianbogens aufgestellt haben, die nachfolgenden Resultate. Die Breiten sind nämlich nicht nur an dem nördlichen und dem südlichen Endpunkte des Bogens, sondern auch in fünf Zwischenstationen bestimmt worden.

Namen der Stationen.	Breiten.	Bogenweite zwischen den aufeinanderfolgenden Stationen.	Entsprechende Längen des Erdmeridianbogens.
Greenwich	51°28′40″00		
		0°26′31″50	25241,9 T.
Dünkirchen	51 2 8,50		
		2 11 19,13	124944,8 „
Paris (Pantheon).	48 50 49,37		
		2 40 6,83	152293,1 „
Evaux	46 10 42,54		
		2 57 48,24	168846,7 „
Carcassonne	43 12 54,30		
		1 51 7,72	105499,0 „
Montjouy	41 21 46,58		
		2 41 53,41	153675,3 „
Formentera	38 39 53,17		
	Gesammtbetrag	12 48 46,83	730500,8 T.

Es bedarf nur einer sehr einfachen Rechnung, um die verschiedenen Werthe des Bogens von einem Grade für die verschiedenen mittleren Polhöhen zwischen diesen Stationen herzuleiten; ich lasse diese Werthe in Toisen und Metern hier folgen, unter der Annahme (die späterhin gerechtfertigt werden soll), daß die gesetzliche Länge des Meters 443,296 pariser Linien beträgt:

Meridianbogen.	Mittlere Breite.	Länge eines Grades in Toisen.	Länge eines Grades in Metern.
Von Greenwich bis Dünkirchen .	51°15′24″25	57097,62	111285,35
Von Dünkirch. bis zum Pantheon	49 56 28,93	57087,68	111265,98
Vom Pantheon bis Evaux . . .	47 30 45,95	57069,31	111230,18
Von Evaux bis Carcassonne . .	44 41 48,42	56977,36	111050,97
Von Carcassonne bis Montjouy	42 17 20,44	56960,46	111018,03
Von Montjouy bis Formentera	40 0 49,87	56955,38	111008,13
Mittlerer Bogen	46 8 6,00	57024,64	111143,12

Man sieht hieraus, daß die Meridianbogen von einem Grade vom 51. bis zum 40. Parallel hin ununterbrochen abnehmen. Die Frage, ob eine solche Aenderung auch außerhalb der genannten Gränzen hervortritt, beantwortet sich ohne Weiteres aus der folgenden Zusammenstellung, welche die Ergebnisse aus Triangulationen vereinigt, die sich über eine ganze Halbkugel erstrecken [31]):

Länder, in denen die Gradmessung geschah.	Mittlere Breite.	Länge eines Grades in Toisen.	Länge eines Grades in Metern.
Lappland	66°20′10″	57196	111477
Rußland	56 24 56	57136	111360
England	52 2 20	57066	111224
Frankreich und Spanien .	46 8 6	57025	111143
Ostindien	22 36 32	56781	110668
Bengalen	12 32 21	56762	110631
Peru.	1 31 1	56737	110582

Aus diesen Zahlen ist es von selbst einleuchtend, daß die Erde keineswegs kugelförmig ist, sondern daß sie am Aequator eine Anschwellung und an den Polen eine Abplattung hat. Es fragt sich indessen noch, ob ihre Gestalt wirklich und in Strenge die eines Umdrehungskörpers ist. Wäre dies nämlich der Fall, so müßte man unter allen Meridianen auf einem und demselben Breitenparallele den Bogen eines Grades von gleicher Länge finden. Dies zeigt sich aber nicht, wenn man z. B. die Messungen des hannöverschen Bogens zwischen Göttingen und Altona vergleicht mit dem in England zwischen Blenheim und Clifton gemessenen Bogen; hier ergibt sich nämlich:

	Mittlere Breiten.	Länge eines Grades in Toisen.	Länge eines in Mete
Hannover .	52°32′16″	57127	1113
England .	52 38 59	57066	1112

Vergleicht man ferner den dänischen Bogen von Lauenburg
bel mit der preußischen Vermessung zwischen Trunz und M
kommt

	Mittlere Breiten.	Länge eines Grades in Toisen.	Länge eines in Mete
Dänemark .	54° 9′13″	57093	1112
Preußen .	54 58 26	57144	1113

Auch müßte der dänische Meridianbogen größer sein als d
versche, und dennoch hat die directe Messung auf einen kleine
geführt; andrerseits fallen auch die Unterschiede, wenn ma
dieser vier Bogen miteinander vergleicht, auf die entgegenge
Sonach ist man keineswegs berechtigt zu dem Ausspruche,
habe die regelmäßige Gestalt eines Umdrehungskörpers, un
ridiane seien untereinander streng gleich.

In einigen Oertlichkeiten haben sich bei Gelegenheit d
gulationen beträchtliche Unregelmäßigkeiten gezeigt; so ergibt
Folgendes bei Vergleichung des Resultats der französischen
lation mit dem aus der italienischen Gradmessung, welche P
Carlini zwischen Andrate und Mondovi ausgeführt haben:
mittlere Breite von 44°57′29″ beträgt nach der erstgenann
messung der Meridianbogen von einem Grade

	in Toisen.	in Mete
berechnete Länge	57013	1111
dagegen beobachtete Länge . .	57687	1124
mithin der Unterschied	674 T.	131

Ein ähnlicher Unterschied, wie dieser hier vom Einflusse d
herrührende, muß auch in der Nähe anderer großen Bergke
treten, und ist keineswegs, wie ich in dem Buche zu zeigen
das von der allgemeinen Gravitation handelt, eine Abweich
den großen Weltgesetzen.

Lleberia

Bosch de Lespina

Tosal de Encanade

Mt. S

Ares

Desierto de las Pal

Espadan

Culliera

Mongo

Dreiecke der Gradmess

Dü

Hat
Eng

Ve
bel
kon

Dä
Pr

Au
ver
gef
die
Sc
hal
rid

gu
Fo
lat
Ca
mi
me

Ei
he
tre
da
de

Wäre die rund um die Erde, über Continente und Inseln hinweg verlängerte Meeresoberfläche in aller Strenge die eines Umdrehungskörpers, so müßte sich jeder Parallel von irgend einer Polhöhe als ein vollkommener Kreis zeigen. Dies ist indessen nicht der Fall, denn bei mehrfachen geodätischen Untersuchungen, die man unter verschiedenen Parallelen zur directen Messung eines Längengrades angestellt hat, sind analoge Unregelmäßigkeiten an den Tag getreten von der Art, wie wir sie gelegentlich der Meridianbogen bereits kennen gelernt haben. Von denjenigen Triangulationsarbeiten, welche Bestimmung von Längengraden zum Ziele hatten, erwähne ich hier namentlich der Bestimmung des Parallelgrades von Brest nach Straßburg, eine Bestimmung, die Jakob Cassini zuerst ausgeführt hat, und welche die Grundlage der nach ihrem Urheber benannten großen Karte von Frankreich geworden ist. Der französische Generalstab hat diese ganze Arbeit mit einer Sorgfalt und Genauigkeit, welche höchste Anerkennung verdienen, von Neuem aufgenommen, und mit seltener Ausdauer und Thätigkeit zu Ende geführt: die Triangulationen von Brousseaud und Coraboeuf bilden für alle Zeit unerschütterliche Denkmäler. Diese Vermessungen sind über Deutschland, die Schweiz und Italien hinausgeführt worden, und in nicht langer Zeit wird ganz Europa von einem vollständigen Dreiecksnetze überzogen sein.

Unter allen bisher gemessenen Parallelgraden ist derjenige der größte, den man den mittleren Parallel nennt, weil er nahe unter 45 Grad, oder genauer unter 44° 16′48″ fällt. Sein westlicher Endpunkt liegt an der Meeresküste bei Bordeaux und sein Ostende fällt bei Fiume; von den beiden direct gemessenen Grundlinien liegt die eine in den Landen bei Bordeaux, die andere an den Ufern des Tessino. Die allgemeinen Ergebnisse dieser ganzen Unternehmung findet man vereinigt in dem Werke des Oberst Brousseaud: Mesure d'un arc du parallèle moyen entre le pole et l'équateur. Die Gesammtlänge des Bogens beträgt 15° 32′ 66″76 und seine Länge 621165 Toisen oder 1210673 Meter, woraus sich der mittlere Bogen von einem Grade ergibt zu 39970 Toisen oder 77903 Metern. Die Einzelresultate für die aufeinander folgenden Bogen zeigt nachfolgende Tabelle:

Namen der Bogen.	Weite d. Bogen in Graden.	Weite d. Bogen in Met.	Länge eines Grades in Metern.	Unterschied vom mittleren Grade.
Marennes bis St. Preuil	0°57′14″85	74414,96	77992,87	+ 89,86 Met.
St. Preuil bis Sauvagnac	1 35 46,41	124194,79	77805,32	— 97,69 „
Sauvagnac bis Isson	1 42 50,87	133359,09	77999,94	— 103,08 „
Isson bis Genf	2 59 27,30	233111,08	77939,49	+ 36,48 „
Genf bis Mailand	3 2 23,55	236741,48	77878,67	— 24,34 „
Mailand bis Padua	2 41 20,75	209279,52	77825,25	— 77,76 „
Padua bis Fiume	2 33 23,04	199571,64	78067,47	+ 164,46 „

Hier zeigen sich, wie der Anblick lehrt, Unregelmäßigkeiten bald nach der einen, bald nach der andern Seite hin, aber von solcher Größe, daß kein Zweifel darüber bestehen kann, die Meeresoberfläche müsse nothwendig unregelmäßig gestaltet sein, und könne keinenfalls mit einer geometrisch genauen Umdrehungsfläche zusammenfallen.

Indessen sind die angeführten Abweichungen zwischen den Beobachtungen und der Annahme eines durch Drehung einer Ellipse um ihre kleine Axe entstandenen Umdrehungs-Ellipsoids doch nicht so groß, daß es unzulässig wäre, ein solches Ellipsoid als mit der wahren Gestalt unsers Erdkörpers nahe zusammenfallend vorauszusetzen.

Sucht man nun diejenige Ellipse (11. Bd. S. 30), die sich an alle bisher gemessenen Meridianbogen, wie sie dem Leser in diesem Kapitel und im zweiten des gegenwärtigen Buches vorliegen, am besten anschließen, so findet man für deren

große Halbare	6377398,1	Meter.
kleine Halbare	6356079,9	„
Unterschied	21318,2	

Das Verhältniß des Unterschiedes zwischen der großen und kleinen Halbare der Ellipse zur großen Halbare beträgt $1/_{299,15}$, und dies Verhältniß nennt man die Abplattung der Erde. Danach ist der von uns bewohnte Planet einem fast kugelrunden Körper ähnlich, der in der einen Richtung 1000 Meter, in der andern dagegen nur 998,33

Meter Durchmesser besäße; ein Unterschied, der viel zu unbeträchtlich ist, als daß man ihn bei unsern gewöhnlichen Erdgloben, wie man sich deren beim geographischen Unterrichte bedient, wahrnehmen könnte; in der That begnügt man sich auch bei allen diesen Erdgloben mit der sphärischen Gestalt.

In nachfolgender Tafel gebe ich, den angeführten Resultaten zufolge, die Länge des Erdhalbmessers, die Länge eines mittleren Grades, sowohl im Meridian als im Parallel, für die verschiedenen Polhöhen von 5 zu 5 Graden. Aus derselben entnimmt man sehr leicht den wirklichen Abstand zweier Oerter, wenn sie unter einem und demselben Parallel oder Meridiane belegen sind, sobald nur die Polhöhen beider oder ihre Längen bekannt sind. Außerdem gibt diese Tafel die Abstände der verschiedenen Punkte der mittleren Oberfläche vom Erdmittelpunkte; um daraus für einen bestimmten Ort seinen wahren Abstand vom Mittelpunkte unserer Erde zu finden, hat man nur nöthig, zu diesem Werthe des Erdhalbmessers die Höhe über dem Meeresniveau zu addiren (vergl. Kap. 15, S. 166—186).

Breite.	Werth des Erdhalbmessers.	Werth eines Grades im Meridian.	Werth eines Grades im Parallel.
90	6356080 Met.	111680 Met.	0 Met.
85	6356244	111672	9738
80	6356729	111647	19391
75	6357526	111604	28898
70	6358597	111549	38182
65	6359918	111479	47170
60	6361448	111399	55793
55	6363132	111311	63987
50	6364930	111216	71687
45	6366786	111118	78837
40	6368635	111023	85383
35	6370428	110929	91277
30	6372105	110842	96475
25	6373616	110762	100939
20	6374924	110694	104634
15	6375982	110637	107538
10	6376754	110598	109627
5	6377239	110573	110886
0	6377398	110563	111307

Durch Interpolation zwischen zwei Polhöhen dieser Tafel lassen sich aus derselben mit hinreichender Genauigkeit für jede in Graden, Minuten und Secunden gegebene Polhöhe die entsprechenden Werthe des Erdhalbmessers und die Werthe eines Grades sowohl in der Richtung des Meridians als in der des Parallels entnehmen.

Vierundzwanzigstes Kapitel.

Ueber geographische Karten.

Nach dem, was ich im vorigen Kapitel über die geringe Größe des Unterschiedes zwischen einer vollkommenen Kugel und der wahren Gestalt der Erde mitgetheilt habe, läßt sich unser Erdkörper durch eine Kugel vorstellen, auf deren Oberfläche man, nachdem die Meridiane und Parallelkreise gezogen sind, alle Oerter nach ihrer relativen Lage eintragen kann. Da sich aber kein Theil einer kugelförmigen Oberfläche streng auf eine Ebene abwickeln läßt, so entstehen bei Construction geographischer Karten, welche auf einer ebenen Fläche größere oder kleinere Theile der Erdoberfläche darstellen sollen, Schwierigkeiten, mit deren Ueberwindung sich die Astronomen von jeher beschäftigt haben.

Erfindung und Gebrauch der geographischen Karten führen uns, wie es scheint, auf die Egypter zurück, etwa auf die Zeit des Sesostris, oder 1570 Jahre vor Beginn unserer Zeitrechnung. Bei den Griechen hat Anaximander, ungefähr 600 Jahre v. Chr. die erste Karte entworfen.

Man bedient sich bei Kartenzeichnungen verschiedener Projectionsarten, die sämmtlich zum Zwecke haben, die verschiedenen Punkte der Erdoberfläche in der Weise auf eine Ebene niederzulegen, daß dabei die gegenseitige Lage der Oerter so wenig als möglich geändert werde.

Die ältesten Karten, die man platte nannte, waren nur grobe und ungenaue Entwürfe; die Meridiane darauf waren gerade, untereinander parallele und gleichlange Linien, und auf der ganzen Karte waren die Längengrade untereinander von gleicher Größe. Heutzutage aber verlangt man große Genauigkeit, sowohl bei Darstellungen der

gesammten Erde, als der verschiedenen Länder im Einzelnen. Diejenigen geographischen Karten, welche beide Halbkugeln im Ganzen darstellen, nennt man Planisphären; man bedient sich dabei entweder der orthographischen, oder der stereographischen oder der homalographischen Projectionsweise. Specialkarten dagegen werden in der Regel mit Hülfe irgend einer Abwickelung entworfen.

Bei der orthographischen Projection, die man zweifelsohne dem Erfindungsgeiste des Apollonius verdankt (welcher 200 Jahre vor unserer Zeitrechnung lebte), denkt man sich von jedem Erdorte eine Senkrechte auf eine bestimmte Ebene gefällt; der Fußpunkt dieser Senkrechten ist die Stelle des Erdortes auf der Karte. Zur Projectionsebene wählt man hierbei meist die Ebene des Aequators oder eines beliebigen Meridians. Im erstern Falle liegt der Pol bei der Projection in dem Mittelpunkte der Karte; die Meridiane werden gerade Linien, die sämmtlich von diesem Mittelpunkte nach allen Richtungen auslaufen, und die Parallele verwandeln sich in untereinander und mit dem Aequator concentrische Kreise. Im zweiten Falle dagegen werden die Meridiane Ellipsen, die zu gemeinschaftlicher Axe die Axe der Erdpole haben, und die Parallele werden gerade Linien, die auf dieser Axe senkrecht stehen. Durch ein solches System werden zwar die mittleren Gegenden in ihren wahren Größenverhältnissen dargestellt, je mehr man sich aber den Rändern der Karte nähert, desto mehr werden die Umrisse verzerrt, dergestalt daß zuletzt die größten Länderflächen nur den allerschmalsten Raum einnehmen. Unter diesem Anblicke zeigen sich uns die Gestirne, z. B. der Mond und die Sonne. Auch die Erde würde einem Beobachter vom Monde aus in der orthographischen Projection erscheinen.

Die stereographische Projection verdankt man Hipparch, der 120 Jahre vor Beginn der christlichen Zeitrechnung lebte; sie gibt eine richtige perspektivische Darstellung der abzubildenden Halbkugel. Bei dieser Projectionsart ist die Grundfläche selbst der Halbkugel die Projectionsebene, und das Auge wird in dem Endpunkte des auf dieser Ebene senkrechten Halbmessers der entgegengesetzten Halbkugel gedacht. Zieht man nämlich vom Auge Gesichtslinien nach den verschiedenen Punkten auf der Erdoberfläche, so geben die Durchschnittspunkte dieser Linien mit

der Projectionsebene unmittelbar die gesuchten Punkte der Abbildung. Bei diesem Systeme haben die Kreise auf der Kugelfläche, gleichviel ob sie Meridiane oder Parallelkreise oder beliebige andere Kreise sind, gleichfalls Kreise zu Projectionen, mit einziger Ausnahme derer, welche durch die optische Axe gehen: diese letzteren werden durch gerade Linien vorgestellt. Infolge dieser Eigenschaft läßt sich das Gradnetz der Karte äußerst leicht verzeichnen; außerdem aber bleiben auch die Winkel unverändert, und daraus folgt, daß jedes Stück der Oberfläche, das klein genug ist, um als eben oder wenigstens doch als nahezu eben betrachtet werden zu können, in einer ähnlichen Figur auf der Karte erscheint. Leider werden dabei die verschiedenen auf der Karte verzeichneten Figuren nicht in demselben Verhältnisse verkleinert; während nämlich an den Rändern der Karte gewissermaßen keine Verkleinerung eintritt, werden um die Mitte herum alle Linien auf die Hälfte, und alle Flächen auf ihren vierten Theil reducirt.

Das gelehrte und erfindungsreiche Mitglied der pariser Akademie der Wissenschaften, Herr Babinet, hat eine neue Projectionsart ersonnen, die er die homalographische nennt, und die den Vortheil hat, den Flächeninhalt aller Theile der Kugelfläche genau darzustellen, ohne die relativen Dimensionen zu ändern. Gleiche Flächenstücke der Karte stellen gleich große Flächenstücke der Kugel vor, und dadurch wird dem Auge ein wahres und richtiges Bild geboten, welches jene irrigen Vorstellungen über den verhältlichen Flächeninhalt der einzelnen Länder berichtigt, wie die gewöhnlichen Planisphären bei denjenigen hervorrufen, die in derartigen Betrachtungen und Ueberlegungen ungeübt sind. Die Parallelkreise erscheinen in dieser Projectionsweise als gerade, dem Aequator parallele Linien; die Meridiane dagegen werden durch Ellipsen vorgestellt, welche die Polaraxe zur gemeinschaftlichen Axe haben[32]).

Bei den Erdkarten, die Herr Barral auf meine Veranlassung entworfen hat, kam es besonders darauf an, unsere Erde vom astronomischen Gesichtspunkte aus darzustellen, und die Verhältnisse sowohl zwischen Meeren und Festländern nachzuweisen, als auch die hauptsächlichsten Gebirge und feuerspeienden Berge. In diesen Abbildungen (Figur 244 und 245, S. 128) sind die Parallelkreise gerade,

dem Aequator parallele Linien, deren Längen die Tafel auf S. 259 angibt. Auf diese Parallelen lassen sich ohne Schwierigkeit die verschiedenen Meridiane auftragen, indem man, von der geraden Mittellinie ausgehend, nach beiden Seiten hin Längen abmißt, die den Winkeln der Meridiane untereinander proportional sind. Sobald das Gradnetz gezeichnet ist, macht es keine Mühe, jeden Punkt der Erdoberfläche nach den ihm zukommenden Coordinaten einzutragen. Als Projectionsebene ist dabei derjenige Meridian ausgewählt worden, der die Erde in die alte und neue Welt trennt. Die durch die Mitten jeder Karte gehenden Meridiane sind hiernach der Meridian von 70 Grad östlicher, und der von 110 Grad westlicher Länge von Paris.

Handelt es sich um Darstellung von wenig ausgedehnten Länderstrecken, so bedient man sich anderer Constructionsverfahren, wobei man verschiedenen Bedingungen zu genügen sucht, je nach dem jedesmaligen Zwecke, zu welchem die Karte entworfen werden soll. Die bürgerliche Verwaltung will genau und leicht die Flächenräume entnehmen können; zu militärischen Zwecken müssen die Entfernungen genau auf der Karte meßbar sein; bei der Marine dagegen müssen sich die Richtungen ohne Schwierigkeit ziehen lassen.

Die erste Abwickelung, die praktisch angewandt wird, ist die einer Kegelfläche; ihre Theorie verdankt man dem Ptolemäus. An dem Ländertheil, den man auf der Karte entwerfen will, denkt man sich Kegelflächen, welche die Erdkugel berühren, und wickelt diese Kegel ab, nach beiden Seiten vom mittleren Meridiane aus. Dabei wird das Terrain auf kleinen Flächenräumen nicht verzerrt, und die Parallelkreise durchschneiden die Meridiane, wie auf der Kugel selbst, unter rechten Winkeln; die Umrisse der einzelnen Theile bleiben gleichfalls ungeändert, aber die Reductionsskale ist von einem Punkte der Karte zum andern veränderlich.

Bei der von Flamsteed erdachten Abwickelung ist der Hauptmeridian eine gerade Linie; den Aequator und die Parallelkreise wickelt man ab nach andern Geraden, die in gleichen Entfernungen voneinander, auf der ersteren senkrecht stehen, wie dies auch wirklich auf der Kugel der Fall ist. Die wirklichen Längen der Parallele, die auf der kugelförmig gedachten Erde zwischen den verschiedenen Meridianen ein-

geschlossen liegen, findet man durch Rechnung, und trägt diese Längen vom Hauptmeridiane aus, in der Zeichnung auf. Wenn man hierauf durch krumme Linien die verschiedenen Durchschnittspunkte jedes Meridians mit den verschiedenen Parallelen verbindet, erhält man die Projectionen der Meridiane in der Flamsteed'schen Abwickelung.

Bei dieser Projectionsart behalten die Flächenräume genau ihre verhältlichen Größen, doch werden die Umrisse verzogen. Aus diesem Grunde hat man bei der großen Karte von Frankreich, welche die Officiere des Generalstabs mit sehr großer Sorgfalt ausgeführt haben, die Flamsteed'sche Projection einigermaßen abgeändert, indem man die Parallelen nicht mehr nach geraden Linien, sondern nach Kreisbogen abgewickelt hat; der erste Parallel hat zum Halbmesser die Länge der Tangente an dem Meridian, welcher durch den die darzustellende Länderstrecke in zwei nahe gleiche Hälften theilenden Parallel geht. Der Durchschnittspunkt der Tangente und der Kugelaxe ist der gemeinschaftliche Mittelpunkt aller derjenigen Kreisbogen, welche die Projectionen der andern Parallele darstellen sollen. Die Vollendung des Gradnetzes geschieht dann wie bei der vorhin erwähnten Flamsteed'schen Methode. Die Winkel der Meridiane mit den Parallelkreisen weichen hierbei nirgends merklich von einem Rechten ab, und die Flächen werden nur wenig verändert, während die relativen Umrisse derselben wie auf der Kugelfläche bleiben.

Die Seefahrer nehmen, bei Auswahl über den einzuhaltenden Curs, niemals genau den kürzesten Weg von einem Punkte zum andern; denn dieser Weg wäre ein Bogen des größten Kreises, der den Nachtheil hat, die aufeinander folgenden Meridiane unter verschiedenen Winkeln zu schneiden. Wollte aber ein Schiffer auf einem Bogen des größten Kreises fahren, so müßte er nothwendig die dem Schiffe gegebene Richtung fortwährend ändern. Es ist im Gegentheile bequemer, auf der Fahrt einer Curve zu folgen, welche sämmtliche Meridiane unter einem unveränderlichen Winkel schneidet: eine solche krumme Linie nennt man Lorodrome. Merkator hat eine besondere Abwickelung erfunden, in welcher die Lorodromen als gerade Linien erscheinen, und da letztere sich aufs Leichteste zeichnen lassen, so bedienen sich alle Seefahrer der Karten nach Merkator's Projection. Die Me-

ridiane werden durch ein System von untereinander parallelen Graden dargestellt, und die Parallelkreise durch ein anderes, auf dem ersteren senkrechtes System von Graden. Die Zwischenräume zwischen den Parallelen und den benachbarten Meridianen werden so berechnet, daß die Flächen ungeändert bleiben: wohl aber werden die relativen Größenverhältnisse ungenau; dieser letztere Umstand kommt nicht in Betracht, gegenüber dem obenbezeichneten Vortheil [33]).

Alle diese Karten, deren Construction ich im Vorstehenden erläutert habe, gehen von der Voraussetzung aus, daß die darauf verzeichneten Oerter sämmtlich im Meeresniveau selbst liegen; wenigstens sagen sie Nichts über die vorhandenen Niveauunterschiede. Um von den wirklichen Höhen und Tiefen auf der Erdoberfläche eine deutliche Vorstellung zu geben, hat man wohl vorgeschlagen, die Karten mit stärkeren oder schwächeren, engeren oder weiteren Schaffirungen zu überziehen, wodurch ein gewisser Farbeton hervortritt, der die Ungleichheiten des Bodens ausdrücken kann. Ich bin hingegen der Ansicht, daß man eine Vorstellung von den Höhen und Tiefen eines Landes nur durch Verzeichnen der Horizontallinien gleicher Niveaux auf den Karten erlangen kann, und daß die Schraffirungen unnützerweise den Kostenpreis ansehnlich erhöhen; Letzteres halte ich für einen ungemein großen Uebelstand.

Fünfundzwanzigstes Kapitel.

Wirkungen einer Verrückung der Umdrehungsaxe der Erde.

Wir haben im 23. Kapitel gesehen, wie durch Beobachtung erwiesen ist, daß die Gesammtmasse der oceanischen Gewässer nahezu diejenige geometrische Gestalt hat, welche durch Umdrehung einer Ellipse um ihre kleine Axe erzeugt wird, und die man Ellipsoid nennt; daß ferner diese Axe mit der Linie durch die Pole zusammenfällt; daß die große Axe der Aequatorealdurchmesser ist, und daß diese große Axe die kleine etwa um den 300. Theil ihrer eigenen Größe übertrifft. Der 300. Theil vom Erdhalbmesser oder von 797 geogr.

Meilen ist etwa $2^{8}/_{10}$ Meilen; dies ist also der Ueberschuß des Aequatorealhalbmessers über den Polarhalbmesser.

Wer mit der Gestalt des Ellipsoids nicht vertraut ist, erhält eine ziemlich genaue Vorstellung von derselben, wenn er sich eine Kugel denkt, deren Halbmesser dem Polarhalbmesser der Erde gleich ist, und dann diese Kugel mit einer Schale (einem Meniskus) bedeckt vorstellt, deren Dicke an den Polen Null ist, und mit Annäherung an die Aequatorealgegenden nach und nach zunimmt. Längs des Umfangs dieses größten Kreises würde der Meniskus $2^{1}/_{2}$ Meilen über die Kugel hervorragen.

Daß sich in den Tropen diese außerordentliche Anschwellung des Meeres nicht über die Continente und benachbarten Inseln ergießt, rührt davon her, daß sowohl das Festland als die Inseln gleichfalls um die genannte Größe über diejenige Kugelfläche hervorragen, welche die Erdaxe zum Durchmesser hätte.

Die Umdrehungsaxe der Erde könnte ihre Lage nicht ändern, ohne daß eine entsprechende Ortsveränderung dieser flüssigen, hervorragenden Schale einträte; rückten z. B. die beiden Pole an zwei gegenüberstehende Punkte des Aequators, so müßte die gegenwärtig im Aequator vorhandene Anschwellung sich unverzüglich in die Meeresgegenden bei Spitzbergen und Lappland begeben; sie würde dort auf der Kugelfläche den früheren Ort der Pole einnehmen, es entstände in diesen Regionen eine Erhebung von mehr als zwei geogr. Meilen, und alles umliegende Land, das bei dem gegenwärtigen Stande sich nur wenig über das Meeresniveau erhebt, würde vollständig überschwemmt. Ja selbst wenn Grönland, Spitzbergen, die Gegend um das Nordkap, Berge von mehr als vierfacher Höhe des Montblanc enthielten, würden auch diese vollständig unter Wasser gesetzt werden.

Andrerseits aber würde, sobald sich die Anschwellung der Meere aus den Aequatorealgegenden zurückzöge, der Ocean dort in das Niveau der früheren Polarsphäre zurücktreten, und ein Sinken der Wasseroberfläche um zwei bis drei Meilen müßte erfolgen. Zugleich würden die Gestade, welche von den Wellen gegenwärtig zur Flutzeit erreicht werden, alle Sandbänke und diejenigen Rheden, welche den Schiffen heutzutage nur wenige Klaftern Tiefe bieten, verwandelt in Hochländer,

deren Meereshöhe dreifach die Höhe der mit ewigem Schnee bedeckten Himalayaspitzen überträfe.

Wollte man also annehmen, daß sich die Erdpole einst infolge einer plötzlich eingetretenen Verrückung aus den Aequatorealgegenden, wo sie sich ursprünglich befanden, in die Gegend von Spitzbergen begaben, so müßte man zugleich voraussetzen, daß vor diesem großen Ereignisse Island, Schweden, Norwegen und die übrigen nördlichsten Länder sich tief im Meeresgrunde befanden, unter einer mehr als zwei Meilen dicken Wasserschicht; während die Steppen am Orinokko, am Amazonenstrome, in Centralafrika, unermeßliche Hochländer bildeten, um dieselbe Größe hoch über dem Meeresniveau belegen.

Nach dem Vorhergehenden kann man sich ohne Schwierigkeit die Veränderungen vorstellen, welche eintreten müßten, wenn sich die Erdpole, statt einen rechten Winkel ganz zu durchlaufen, um einen Winkel von nur wenigen Graden verschöben.

Sechsundzwanzigstes Kapitel.

Ob die Umdrehungszeit der Erde eine Aenderung erlitten hat?

Wir wissen bereits, daß die Erde sich innerhalb 24 Stunden, von West nach Ost, um sich selbst dreht; daß die Umdrehungsaxe die Weltaxe genannt wird; daß ihre Endpunkte die Pole heißen und daß endlich der größte Kreis, der rundum von den Polen gleichweit absteht, Aequator genannt wird. Der Umfang des Aequators beträgt nahezu 5400 geogr. Meilen.

Diese 5400 Meilen sind also der Weg, den jeder Punkt am Aequator, gleichviel ob dem Meere oder dem Festlande zugehörig, infolge der Umdrehung der Erdkugel, in 24 Stunden durchläuft. Vor dem Blicke eines außerhalb der Erde und ihrer Atmosphäre im Raume befindlichen Beobachters, der von dieser Bewegung nicht gleichfalls fortgeführt würde, müßten alle Punkte des Aequators mit einer Geschwindigkeit von nahe vier Meilen in jeder Minute vorüberziehen.

An den Polen verschwindet selbstverständlich diese Bewegung; unter dem Parallelkreise von Brest beträgt sie nur noch zwei bis drei Meilen.

Das Meerwasser nimmt zwar an dieser schnellen Bewegung Theil, überschwemmt indessen nicht die umliegenden Länder, weil überall, in allen Breitengraden, die Gestade dieselbe Geschwindigkeit haben, wie das Wasser, und also die Festländer und die sie bespülenden Meere relativ sich in Ruhe befinden. Aenderte sich aber dieser Umstand, und endete plötzlich die ursprüngliche Geschwindigkeit der Länder, während die Wogen dieselbe beibehielten, so müßte das Meer augenblicklich aus seinen Ufern treten.

Denken wir uns, um von einer bestimmten Vorstellung auszugehen, der schiefgerichtete Stoß eines Kometen drehe in einem Augenblicke die festen Massen unserer Erde um denjenigen Durchmesser, der durch Brest gerichtet ist, so wird diese Stadt zum Pole, und die ganze Halbinsel der Bretagne würde folglich fast absolut in Ruhe versetzt. Aber der Ocean im Westen wäre nicht in diesem Falle, denn er lehnt sich nur an das feste Gerüst, welches das Meeresbett bildet; so müßten also die Gewässer in gewaltigem Strome hereinbrechen über das Ufer, das nicht länger vor ihnen flöhe, und zwar mit der ursprünglichen Geschwindigkeit, die dem heutigen Parallele von Brest zukommt, d. h. einer Geschwindigkeit von zwei bis drei Meilen in der Minute.

So würden also durch den Anstoß eines Kometen weite Regionen des Festlandes überschwemmt und hochgelegene Gegenden unter den Wellen begraben; aber es fragt sich, ob wohl auf diese Weise jene Meeresablagerungen, die man auf den Bergen entdeckt hat, dorthin gelangt sein können? Diese Frage muß man verneinend beantworten; denn die Ablagerungen sind häufig horizontal und erstrecken sich weit und hoch in sehr regelmäßiger Weise. Die mannigfaltigen, oft sehr kleinen Muscheln, aus denen sie bestehen, haben noch ihre scharfen Kanten und feinsten Spitzen, und die zerbrechlichsten Theile sehen wir oftmals wohl erhalten. Dies Alles widerspricht dem Gedanken an eine gewaltsame Fortbewegung und liefert den Beweis, daß die Ablagerung am Orte selbst stattgefunden habe. Was bleibt diesem hinzuzufügen, um die Erklärung zu vervollständigen, ohne zu einem Einbruche des Oceans Zuflucht nehmen zu müssen? Man muß, wie schon im

Vorhergehenden bewiesen wurde (9. Kap. S. 60), von der Annahme ausgehen, daß die Gebirge und die unebenen Landrücken, auf welchen jene ruhen, einst wie Pilze aufgeschossen sind, d. h. durch Hebungen aus dem Grunde der Gewässer aufstiegen. Schon im Jahre 1694 betrachtete Halley die Erhebungen als eine annehmbare Erklärung für das Vorkommen von Seeproducten an den Abhängen und selbst auf den Gipfeln der höchsten Gebirge.

Siebenundzwanzigstes Kapitel.

Ob in der Umlaufsbewegung der Erde Aenderungen eingetreten sind?

Wir wissen bereits aus dem 11. Kapitel dieses Buches (S. 90), daß Whiston den Versuch gewagt hat, die von Moses in der heil. Schrift geschilderte Sündflut physikalisch zu erklären. Sein berühmter Landsmann Halley hatte sich mit demselben Probleme, nur in allgemeinerer Auffassung, beschäftigt.

Weil sich Seeproducte, schloß Halley, in beträchtlicher Entfernung vom Meere und auf den höchsten Bergen finden, haben diese Punkte unbezweifelt einst unter Wasser gestanden; was kann aber den Ocean genöthigt haben aus seinen Ufern zu treten, die er heutigen Tags, von geringen Schwankungen abgesehen, fortwährend einhält? Zur Beantwortung dieser Frage ruft nun Halley nicht wie Whiston einen Kometen herbei, der in größter Nähe vorüberziehend, eine außerordentliche Flut hervorrief, sondern ein Gestirn derselben Gattung, das in seinem elliptischen Laufe um die Sonne direct gegen die Erde stieß. Untersuchen wir jetzt näher, von welchen Folgen ein derartiges Ereigniß begleitet sein würde.

Wir denken uns einen festen Körper, der sich in gerader Linie mit einer bestimmten Geschwindigkeit fortbewegt, und auf den ursprünglich ein anderer, bedeutend kleinerer Körper nur aufgelegt war. Obgleich nicht aneinander gebunden, werden sich diese beiden Körper dennoch in ihrem Laufe nicht trennen, weil ihnen die Kraft, der sie gehorchen, von Anfang an gleiche Geschwindigkeiten ertheilt haben wird.

Nehmen wir nun an, irgend ein unübersteigliches Hinderniß trete plötzlich dem ersten Körper in den Weg, und hemme augenblicklich seinen Lauf; so werden allerdings streng genommen nur die Theilchen der Vorderfläche, die den Anstoß erleiden, diejenigen sein, deren Geschwindigkeit durch das Hinderniß direct aufgehoben wird, da indessen die übrigen Theile unveränderlich mit den erstgenannten zusammenhängen (weil unserer Voraussetzung nach der Körper ein fester ist), so wird der ganze Körper in Stillstand versetzt.

Anders aber wird es sich mit dem kleinen Körper verhalten, den wir auf den ersteren nur aufgelegt haben; letzterer kann nämlich seine Bewegung unterbrechen, ohne daß der andere, der höchstens durch eine schwache Reibung mit jenem verbunden ist, irgend eine Einwirkung, einen Verlust seiner Geschwindigkeit erleidet. Infolge dieser erlangten und durch Nichts aufgehobenen Geschwindigkeit wird sich der kleine Körper von dem größeren trennen, und sich ferner in der ursprünglichen Richtung fortbewegen bis zu dem Zeitpunkte, wo ihn die Schwere an die Erdoberfläche zurückgeführt hat. In dem Vorstehenden liegt die Erklärung für den Fall, wo Jemand beim Fahren weit aus seinem Wagen herausgeschleudert wird, wenn der Sturz des Pferdes plötzlich den schnellen Lauf hemmt; und ebenso für den andern Fall, wo die Reisenden auf dem Außensitze der Dampfwagen, die auf der Eisenbahn mit so großer Geschwindigkeit hinfliegen, weit hinausgeschleudert werden, sobald irgend ein Unfall den Lauf dieser sinnreichen Maschinen hemmt. Ist aber nicht die Erde in ihrem Laufe mit einem Wagen zu vergleichen, der ohne Räder und ohne Schienen durch den Raum dahinfährt?

Unsere Tangentialgeschwindigkeit auf der Bahn um die Sonne beträgt etwa vier geogr. Meilen in der Secunde. Vernichtete plötzlich ein Komet von hinreichender Masse, durch seinen Anstoß die Bewegung der Erde, so müßten alle Körper auf derselben, die gewissermaaßen nur aufgelegt sind, also alle lebenden Wesen, unsere Wagen, Meublen, Maschinen, kurz Alles was nicht mittelbar oder unmittelbar an den Boden befestigt ist, mit der gemeinsamen Geschwindigkeit, die ihnen ursprünglich beiwohnt, d. h. von vier Meilen in der Secunde, in den Raum fortgeschleudert werden. Erinnere ich nun daran, daß die Kugel

aus einer 24pfündigen Kanone, sogar beim Austritte aus dem Rohre, nur eine Geschwindigkeit von etwa 1200 Fuß besitzt, so leuchtet es offenbar ein, daß der Anstoß eines Kometen allerdings die augenblickliche Vernichtung aller lebenden Wesen, welche die Erde bevölkern, herbeiführen kann.

Auch das Wasser im Meere würde infolge seiner Beweglichkeit, und weil es durch Nichts an den festen Theil der Erde gefesselt ist, in seiner ganzen Masse fortgeschleudert werden; diese ungeheure, flüssige Masse müßte in ihrem unwiderstehlichen Laufe Alles niederreißen, sie müßte über die höchsten Berggipfel hinweggehen, und müßte zurückfließend ähnliche Zerstörungen und Umwälzungen hervorrufen. Man bemerkt allerdings stellenweise einige Unordnung in den verschiedenartigen, übereinander gelagerten Erdschichten, aber solche Vorkommnisse sind gewissermaaßen nur mikroskopische im Vergleich mit dem alle Schilderungen übertreffenden Chaos, das nothwendig aus dem Anstoße eines Kometen hervorgehen müßte, der die Erde in ihrem Laufe zu hemmen vermöchte.

Um diejenige Wirkung zu finden, welche ein Komet ausüben würde, der, ohne der Erdkugel anzuhalten, nur die Geschwindigkeit ihrer Bewegung merklich zu ändern vermöchte, ist es nur nöthig, die soeben geschilderten, außerordentlichen Wirkungen um einen Theil zu vermindern. Uebrigens ist es ausgemacht, daß diese Geschwindigkeit zu keiner Zeit gänzlich aufgehoben gewesen; denn in diesem Falle hätte die Erde, weil Nichts der Centralkraft entgegengewirkt hätte, in gerader Linie zur Sonne fallen müssen, woselbst sie $64^1/_2$ Tage nach dem Stoße angelangt wäre.

Ich lasse bei dieser Gelegenheit die Zeitintervalle folgen, innerhalb deren mehrere Planeten unsers Systems aus dem Orte, den sie gegenwärtig einnehmen, auf die Sonne herabstürzen würden, wenn die Tangentialkraft, welche in Verbindung mit der Anziehung der Sonne diese Körper in geschlossenen Bahnen herumführt, plötzlich aufgehoben würde. Es ist bei dieser Berechnung als Entfernung jedes Planeten von der Sonne die große Halbare der elliptischen Bahn zu Grunde gelegt, oder mit andern Worten, auf die Excentricität nicht Rücksicht genommen worden.

Planeten.	Fallzeit.
Merkur	15 T. 14 St.
Venus	39 „ 17 „
Erde	64 „ 14 „
Mars	121 „ 12 „
Ceres	296 „ 12 „
Jupiter	766 „ 19 „
Saturn	1900 „ 14 „
Uranus	5382 „ 22 „

Die Geschwindigkeit der Erde in ihrer Bahn und die Größe dieser letzteren, hängen untereinander in der Art zusammen, daß keine von beiden für sich allein eine Aenderung erleiden kann. Da man nun nicht weiß, ob die Dimensionen der Bahn durchaus unverändert geblieben sind, so ist auch nicht erwiesen, daß im Laufe der Jahrhunderte die Geschwindigkeit der Erde, infolge des Anstoßes eines Kometen, nicht mehr oder weniger verändert worden sei. Nur dies Eine steht fest, daß diejenigen Ueberschwemmungen, welche ein solches Ereigniß unausbleiblich zur Folge haben müßte, nicht die von unsern Geologen heutzutage so vollständig geschilderten Wirkungen der thatsächlich eingetretenen Erdumwälzungen erklären könnten.

Achtundzwanzigstes Kapitel.

Methode zur Bestimmung der Entfernung der Erde von der Sonne mittelst der Venusvorübergänge.

Um von einer bestimmten Vorstellung auszugehen, machen wir die Annahme, die Sonne werde bei ihrem Stande in einem gewissen Meridiane, durch den Kreis S in Fig. 290, S. 273 vorgestellt. Es möge ferner die Venus in ihrer untern Conjunction zweien in A und B auf der Erdoberfläche befindlichen Beobachtern vor der Sonnenscheibe erscheinen. Der größern Einfachheit wegen wollen wir uns diese beiden Stationen auf einem und demselben Meridiane denken. Ist a′ der Punkt der Sonnenscheibe, wo Venus dem Beobachter A erscheint, so wird b′ der scheinbare Ort sein, wo der unterhalb des ersten, in größerer

Entfernung von der Sonne als A befindliche Beobachter B die Venus erblickt. Die Winkeldistanz des Punktes a vom Punkte b wird alsdann offenbar abhängen von der räumlichen Entfernung AB der beiden Stationen der Beobachter, ferner vom Abstande der Venus von der Erde und endlich vom Abstande der Venus von der Sonne. Es ist aber die Entfernung der Venus von der Erde gleich der Entfernung der Sonne von der Erde, weniger der Entfernung der Venus von der Sonne; mithin wird die Gleichung, welche die Trigonometrie zwischen den Größen, von denen die Winkeldistanz ab abhängt, und dem Abstande AB der beiden Stationen ergibt, nur zwei Unbekannten enthalten, sobald AB und ab durch Beobachtung gegeben sind. Diese beiden Unbekannten sind die Entfernung der Erde vom Mittelpunkte der Sonne und die Entfernung der Venus von diesem Punkte.

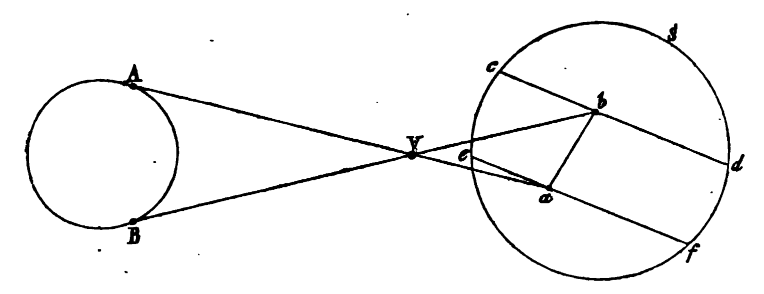


Fig. 290. — Bestimmung des Halbmessers der Erdbahn durch die Vorübergänge der Venus vor der Sonne.

Ein Ausdruck aber, oder (um die technische Bezeichnung beizubehalten) eine Gleichung zwischen zwei unbekannten Größen, reicht aber nicht aus zur Bestimmung beider; vielmehr bedarf es zu diesem Zwecke zweier Gleichungen. Eine zweite Gleichung zwischen V, Entfernung der Venus von der Sonne, und T, Entfernung der Erde von der Sonne, liefert nun das dritte Keppler'sche Gesetz, demzufolge (12. Bd. S. 199) sich das Quadrat der Umlaufszeit der Erde zu dem Quadrate der Umlaufszeit der Venus wie T^3 zu V^3 verhält; die Quadrate der Umlaufszeiten lassen sich aber unabhängig von jeder Kenntniß der Entfernungen T und V bestimmen.

Setzt man in der angeführten Proportion das Product der äußern Glieder gleich dem Producte der mittleren, so erhält man eine Gleichung, in welcher T und V die beiden vorigen unbekannten Größen sind; dieselben beiden Größen enthielt aber auch die erste, vorhin besprochene Gleichung. Zwei Gleichungen sind bekanntlich nothwendig, aber auch hinreichend zur Bestimmung zweier Unbekannten; folglich erhält man durch Auflösung dieser beiden fraglichen Gleichungen die Entfernung V der Venus von der Sonne, sowie die Entfernung T der Erde von der Sonne, und zwar werden diese beiden Abstände um so genauer gefunden werden, je genauer man die Strecke AB und den Winkelabstand ab bestimmt hat. Die Entfernung AB wird auf der Erde gemessen und läßt sich mit aller wünschenswerthen Genauigkeit ermitteln. Was den Winkelabstand ab betrifft, so läßt sich dieser aus folgender Betrachtung schließen: Während einer nicht allzulangen Zeit scheint Venus eine gerade Linie zu beschreiben, mithin wird b auf der Sonne scheinbar die Gerade cbd durchlaufen. Dagegen wird sich Venus für die Station A scheinbar auf der Sehne eaf bewegen. Aus der Zeitdauer, welche der Planet braucht, um cd und ebenso ef zu durchlaufen, lassen sich leicht die Lagen dieser Sehne gegen den Sonnendurchmesser ableiten, und damit ergibt sich also der Winkelabstand ab mit sehr großer Genauigkeit.

Lägen die Stationen A und B nicht mehr unter demselben Meridiane, so wäre allerdings die Berechnung der Beobachtungen etwas complicirter, doch würde die Schwierigkeit nicht erheblich vergrößert.

Ebenso leuchtet ein, daß man, bei genauer Rücksichtnahme auf die wirklichen Verhältnisse, auch die Rotation der Erde berücksichtigen müßte, insofern diese Bewegung auf die Dauer der Vorübergänge des Planeten vor der Sonnenscheibe von Einfluß sein kann. Diese Einzelheiten indessen können nur den eigentlichen Astronomen interessiren; hier ist es nur unser Zweck, den Kern des Verfahrens deutlich aufzuweisen.

Eine der wichtigsten Eigenschaften dieser im Jahre 1725 von Halley vorgeschlagenen Methode beruht in dem Umstande, daß für die in A und B anzustellenden Beobachtungen nur ein gutes Fernrohr und eine astronomische Uhr erforderlich sind, keineswegs aber getheilte In-

strumente, auf welche man sich, wo es auf große Genauigkeit ankommt, nur dann verlassen kann, wenn diese Instrumente von beträchtlichen Dimensionen sind; in diesem letzteren Falle ist aber ihr Transport schwierig.

Beim Abschätzen derjenigen Genauigkeit, mit welcher die Sonnenparallaxe, d. h. der Winkel, unter welchem der senkrecht gesehene Halbmesser der Erde von der Sonne aus erscheint, auf diesem Wege aus den Beobachtungen im Jahre 1761 erhalten werden könnte, hatte Halley die möglicherweise noch zurückbleibende Ungenauigkeit auf ein Fünfhundertel der ganzen Größe festgesetzt. Die Erfahrung hat indessen späterhin gezeigt, daß der berühmte englische Astronom die Genauigkeit etwas überschätzt hatte, deren seine Methode fähig ist; aber nichtsdestoweniger bleibt sie eine der sinnreichsten, deren sich die neuere Astronomie rühmen kann. Bei dem Vorübergange im Jahre 1769 waren die Unterschiede zwischen der Zeitdauer, die Venus zum Durchlaufen der verschiedenen Sehnen der Sonnenscheibe, auf denen sie sich scheinbar fortbewegte, gebrauchte, sehr beträchtlich: so betrug z. B. der Unterschied zwischen der in Wardoehus beobachteten Dauer und der kleineren auf Otaheiti beobachteten 23 Min. 23 Sek.

Vielleicht wirft man die Frage auf, warum die Vorübergänge des Merkur vor der Sonnenscheibe nicht ebenso gut, wie die der Venus, zur Bestimmung der Sonnenparallaxe dienen können. Die Antwort darauf hatte schon Halley in seiner Abhandlung vom Jahre 1725 gegeben: „Der Unterschied," sagt er, „zwischen der Merkurs- und Sonnenparallaxe ist so gering, daß er stets unterhalb der zu bestimmenden Sonnenparallaxe selbst bleibt. Bei Venus hingegen, wo die Parallaxe zur Zeit der Vorübergänge fast vier Mal so groß ist, als die der Sonne, werden die Unterschiede zwischen den Zeiten, während welcher, von verschiedenen Gegenden der Erde aus, Venus vor der Sonne erscheinen wird, sehr beträchtlich ausfallen. Diese Unterschiede aber bilden die eigentliche Grundlage bei Berechnung der Sonnenparallaxe."

Sonne von der Erde betrage 1200 Erdhalbmesser. Keppler verdreifachte etwa diese Entfernung und setzte sie auf 3500 Halbmesser, doch ohne einen eigentlichen Beweis für diese Annahme zu liefern. Seinerseits verdoppelte Riccioli ziemlich willkürlich die von Keppler gegebene Entfernung, während Hevel dieselbe nur um die Hälfte vermehrte.

Zur Zeit als Halley seine berühmte Abhandlung im Jahre 1716 veröffentlichte, schien er der Meinung zu sein, die Sonnenparallaxe müsse kleiner als 15″ angenommen werden; er stützte sich bei dieser Annahme auf die seltsame Betrachtung, daß, wenn die Sonnenparallaxe wirklich 15″ groß wäre, der Mond größer als Merkur sein müßte, eine Folgerung, fährt er fort, welche der Harmonie des Weltsystems widersprechen würde. Andrerseits, fügt er hinzu, scheint die Betrachtung dieser Harmonie es nicht zuzulassen, daß man sich Venus als einen unteren Planeten, dessen Durchmesser von der Sonne aus gesehen er auf 30″ annahm, und der von keinem Monde begleitet ist, größer denke als die Erde, welche ein oberer Planet ist, und die einen so merkwürdigen Mond besitzt [34]).

Halley endlich entschied sich für einen Werth der Sonnenparallaxe von 12″5, was einer Entfernung der Sonne von der Erde gleich 16500 Erdhalbmessern entspricht.

Erst Richer's Reise nach Cayenne führte zu weniger hypothetischen Schlüssen. Dieser Astronom verglich Mars mit Sternen in unmittelbarer Nähe der Planeten, und aus der Vergleichung seiner Beobachtungen mit den gleichzeitigen, die Picard und Römer in Europa angestellt hatten, ergab sich für Mars in der Opposition eine Parallaxe von 25″5, und daraus für die Sonne 9″5. Dieser letztere Werth entspricht einem Abstande der Sonne von der Erde von 21712 Erdhalbmessern.

Aus jener Zeit her stammen die in Europa mehrfach angestellten Versuche, die Parallaxe des in Opposition befindlichen Mars aus Beobachtungen an einem und demselben Orte herzuleiten. Es ist nämlich klar, daß wenn die Entfernung des Planeten von der Erde nicht ganz außerordentlich groß ist, seine Bewegung nicht mit der eines beträchtlich weiter entfernten Sternes vollkommen übereinstimmen kann; dies äußert sich dadurch, daß wenn der Rectascensionsunterschied eines Sternes vom Planeten zur Zeit des Meridiandurchganges einen be-

stimmten Werth hat, man einige Stunden vor dem Meridiandurchgange und ebenso nach demselben nothwendig andere Werthe finden muß.

In Gemeinschaft mit Römer und Sédileau fand Cassini nach dieser Methode, daß die Marsparallaxe zur Oppositionszeit zwischen 24 und 27 Bogensekunden beträgt, er folgerte daraus die Sonnenparallaxe 9″8, und dies entspricht einer Entfernung zwischen Sonne und Erde von 21048 Erdhalbmessern.

Aus analogen Beobachtungen, die Flamsteed zu Derby angestellt hatte, fand er die Marsparallaxe zur Zeit der Opposition kleiner als 25 Sek., und daraus schloß er auf eine Sonnenparallaxe kleiner als 10 Sek.

Diese Beobachtungsart wandte auch Maraldi in den Jahren 1704 und 1719 an; er fand für Mars in der Opposition die Parallaxe 23 Sek. groß, und leitete daraus eine Sonnenparallaxe von 10 Sek. her, entsprechend einem Abstande zwischen Sonne und Erde von 20626 Erdhalbmessern.

Pound und Bradley erhielten im Jahre 1719, gleichfalls auf diesem Wege, als Gränzwerthe für die Sonnenparallaxe 12 und 9 Sek.

Als Lacaille im Jahre 1751 am Kap der Guten Hoffnung Marsbeobachtungen angestellt hatte, verglich er dieselben späterhin mit zahlreichen in Europa angestellten Beobachtungen, und fand im Mittel 26″8 als Parallaxe des Planeten zur Zeit seiner Opposition. Daraus schloß er 10″25 als Werth der Sonnenparallaxe, entsprechend einer Entfernung von 20123 Erdhalbmessern.

In demselben Jahre 1751, als sich Lacaille am Kap befand, war auch Venus in ihrer untern, aber nicht ekliptischen Conjunction, und dieser Astronom hatte den Planeten fleißig beobachtet. Aus der Vergleichung seiner Beobachtungen mit den in Europa angestellten fand er die Sonnenparallaxe im Mittel 10″4, entsprechend einer Entfernung dieses Gestirns von der Erde von 19871 Erdhalbmessern.

Dies war der Stand unserer Kenntnisse von der wahren Entfernung der Sonne von der Erde, als im Jahr 1761 der sichtbare Vorübergang der Venus vor der Sonnenscheibe eintrat. Die am Kap der Guten Hoffnung, in Lappland und zu Tobolsk in Sibirien angestell-

ten Beobachtungen dieses Vorüberganges ergaben den Winkel, unter welchem von der Sonne aus, im mittleren Abstande, der Halbmesser des Erdkörpers gesehen wird, zu etwa 9 Sek.

Bald darauf kam der Venusdurchgang von 1769, an dessen Beobachtung sich alle europäischen Nationen betheiligten. Der Abbé Chappe, Mitglied der pariser Akademie der Wissenschaften, begab sich nach Californien, woselbst er kurze Zeit nach der dort angestellten Beobachtung starb.

Cook und der Astronom Green begaben sich nach Otaheiti in der Südsee; Dymond und Wales bestimmten Punkte in Nordamerika, in der Nähe der Hudsonsbai, zu ihren Beobachtungsstationen; Call beobachtete den Vorübergang zu Madras in Vorderindien.

Die petersburger Akademie hatte ihrerseits Astronomen nach verschiedenen Punkten im russischen Lappland gesandt.

Pater Maximilian Hell, der wiener Astronom, begab sich zum Zwecke dieser Beobachtung, im Auftrage des Königs von Dänemark, nach Wardoehus, an der nördlichsten Spitze unsers Erdtheils; der schwedische Astronom Planman beobachtete zu Cajaneburg in Finnland *).

Die Vergleichung zweier an entfernten Punkten angestellten Beobachtungen genügt zur Berechnung der Sonnenparallaxe. Folgende kleine Zusammenstellung enthält die Ergebnisse verschiedener Combinationen:

Otaheiti und	Wardoehus . . .	8"71
" "	Kola	8,55
" "	Cajaneburg . . .	8,39
" "	Hudsonsbai . . .	8,50
" "	Paris	9,78
Californien und	Wardoehus .	8,62
" "	Cola	8,39

*) Legentil hatte sich auf Veranlassung der Akademie der Wissenschaften im Jahre 1761 eingeschifft, um den damaligen Vorübergang zu Pondichery zu beobachten. Infolge einer ungünstigen Fahrt war er indessen zur Zeit des Vorüberganges noch nicht am Ziele eingetroffen; da faßte er ruhmvoll den Entschluß, acht Jahre zu warten, um in derselben Stadt den nächsten Vorübergang im Jahre 1769 zu beobachten. Aber es war, als sollte sich die Größe des Opfers, das jener berühmte Akademiker gebracht hatte, auf das Vollständigste zeigen: eine kleine Wolke verhüllte die Sonne gerade zu der Zeit, wo die Beobachtung angestellt werden sollte.

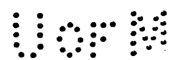
Im Mittel erhält man aus den nördlich vom Aequator angestellten Beobachtungen, verglichen mit der otaheitischen, 8''59 für die Sonnenparallaxe, ein Werth der wenig von demjenigen abweicht, welchen Lalande aus seinen Rechnungen bald nachdem die Beobachtungen angestellt waren, hergeleitet hatte.

Vor etwa dreißig Jahren hat Prof. Encke aus der Gesammtheit der Beobachtungen den Werth dieser Parallaxe ermittelt, indem er dabei die Längen und Breiten der Beobachtungsstationen nach den zuverlässigsten geographischen Bestimmungen zu Grunde legte. Es gelang ihm bei dieser Gelegenheit, einige Angaben als vollkommen richtig zu erweisen, bei welchen sich die Beobachter, infolge verspäteter Publication, den Verdacht einer Fälschung zugezogen hatten; übrigens aber weicht das Endresultat, zu welchem Encke gelangte, wenig von dem vorhin angeführten ab, denn er findet für die mittlere Entfernung der Erde 8''5711. So groß ist also der Winkel, unter dem der Aequatorhalbmesser der Erde erscheint; diesem Werthe entspricht eine Entfernung von 23984 solcher Halbmesser oder von 20682329 geographischen Meilen.

Einunddreißigstes Kapitel.

Ob in der Geodäsie oder Astronomie Erscheinungen vorkommen, welche zu der Annahme veranlassen könnten, die Erde sei jemals mit einem Kometen zusammengestoßen?

Man geht bei allen Untersuchungen, die sich auf geodätische Messungen stützen, um die Abplattung der Erde zu bestimmen, von der Annahme aus, die Meridiancurve habe die Gestalt einer Ellipse; die große Axe derselben liege in der Ebene des Aequators, und die kleine Axe sei nach den Polen gerichtet und um diese Linie finde die Drehung der Erde statt. Wäre diese Annahme eine vollkommen berechtigte, so würde man aus verschiedenen Combinationen von je zwei auf einem bestimmten Meridiane gemessenen Graden, für die Abplattung stets denselben Werth finden; da nun die Rechnung hingegen,



wie bereits erwähnt wurde, sehr ungleiche Resultate ergibt, so ist die Voraussetzung nicht ganz richtig, und derjenige Durchmesser, um welchen sich die Erde gegenwärtig dreht, konnte nicht zu jener Zeit die Umdrehungsaxe sein, als die Erde, damals noch in flüssigem Zustande, ihre sphäroidische Gestalt annahm.

Auf diese Betrachtungen gestützt, haben berühmte Gelehrte die Behauptung aufgestellt, die Axe der Erde habe die Oberfläche derselben nicht alle Zeit in denselben Punkten getroffen, sondern sei gegenwärtig gegen die anfängliche Stellung bedeutend verschoben. Vor etwa funfzig Jahren hatten dergleichen Behauptungen wohl einigen Grund; heutzutage jedoch, seitdem die Meridiangradmessungen so zahlreich geworden sind, lassen sich diese Betrachtungen unschwer zurückweisen.

Läge nämlich die Hauptursache der Verschiedenheit, die sich zwischen den direct beobachteten Werthen der Grade und den unter Annahme einer bestimmten Abplattung berechneten Werthen der Grade findet, in einer geringen Verschiebung der kleinen Axe der Meridianellipse gegen die Parallaxe, so müßte sich der Unterschied überall in demselben Sinne zeigen; er müßte stufenweise zunehmen, wenn man geodätische Bogen in immer größern Entfernungen untereinander vergleicht. Aber in dieser Weise treten die erwähnten Unregelmäßigkeiten keineswegs auf. Auf einem und demselben Meridiandurchschnitte sind bisweilen zwei aneinander stoßende Grade erheblich verschieden. Geschieht es doch an einigen Orten sogar, daß die Grade in der Richtung zum Aequator hin größer werden, wie es der Fall sein müßte, wäre die Erde an den Polen verlängert. Noch neuerdings haben sich in dieser Beziehung in Italien, auf einem verhältnißmäßig wenig ausgedehnten Raume, außerordentliche Unregelmäßigkeiten gezeigt. Aber diese anscheinend unentwirrbaren Widersprüche sind nichts Anderes, als die Wirkungen localer Anziehungen. Während man in früheren Zeiten dergleichen Anziehungen nur in unmittelbarer Nähe der Berge zugestehen wollte, hat seitdem die Erfahrung gesprochen: mitten in einer weiten Ebene wird das Bleiloth zuweilen durch geologische Vorkommnisse sieben bis acht Mal stärker abgelenkt, als dies nach Bouguer's Beobachtungen am Chimborazo der Fall war. Hier ist also der Grund für alle jene Widersprüche und Abweichungen zu suchen, welche die

geodätischen Messungen aufweisen, nicht aber in der Richtung der kleinen Axe der Meridianellipse bezüglich der Erdpole.

Wenden wir uns nun zu Betrachtungen anderer Art, welche gleichfalls auf die Frage, ob die Erde jemals den Anstoß eines Kometen erfahren habe, Antwort geben können.

Besitzt ein im Raume isolirter Körper, gleichviel welches seine Gestalt und seine Natur sei, eine Umdrehungsbewegung, so beschreibt jedes seiner Theilchen Kreisumfänge, und die Mittelpunkte aller dieser Kreise liegen auf einer einzigen geraden Linie, welche die Oberfläche des Körpers wenigstens in zwei Punkten, Pole genannt, trifft. Diese Pole sind auf der gesammten Oberfläche die einzigen Punkte, welche, während alle andern an der Rotation Theil nehmen, ihrerseits in Ruhe verbleiben.

Die Linie durch die Pole heißt die Umdrehungs- oder Rotationsaxe.

Ist der rotirende Körper sphärisch und homogen, so bleibt seine ideelle Umdrehungsaxe unveränderlich; sie geht durch den Mittelpunkt der Kugel und trifft fortwährend dieselben materiellen Punkte an der Oberfläche; ist die Gestalt des Körpers dagegen eine andere, so kann seine Rotation in jedem Augenblicke um eine andere Axe geschehen, und in diesem Falle werden die Pole fortwährend ihren Ort ändern.

Diese Vielheit von Axen, um deren jede nur ein Theil der Rotation vollbracht wird, heißen die augenblicklichen Rotationsaxen. Bei ganz allgemeiner Auflösung des wichtigen mechanischen Problems über die Rotationsbewegung sind die Geometer zu dem merkwürdigen Resultate gekommen, daß in jedem Körper, von welcher Gestalt er immerhin sei, und wie auch seine Dichtigkeit sich von einer Stelle zur andern ändern möge, drei aufeinander senkrechte Axen vorhanden sind (Hauptaxen genannt), die durch den Schwerpunkt des Körpers gehen, und um welche derselbe gleichförmig und unveränderlich rotiren kann.

Ist nun die Axe, um welche sich die Erde dreht, eine solche augenblickliche, oder eine Hauptrotationsaxe? Im ersteren Falle würde die Axe fortwährend ihre Lage ändern, und nicht zwei Tage hintereinander dieselben Gegenden der Erdoberfläche treffen; ebenso müßte der Aequator, der in allen seinen Punkten 90 Grade vom Pole absteht, entsprechende Verschiebungen erleiden. Wenn man sich nun erinnert, daß



die geographische Breite eines Ortes nichts Anderes ist, als der Winkelabstand dieses Ortes vom Aequator, so sieht man leicht ein, daß, um zu entscheiden, von welcher Art die Umdrehungsaxe der Erde sei, nur zu untersuchen nöthig ist, ob eine Breite, die von Paris z. B., das ganze Jahr hindurch, und viele Jahre, viele Jahrhunderte hindurch unverändert dieselbe bleibt.

Auf diese Frage hat die Beobachtung bereits in bejahender Weise geantwortet: die Polhöhen bleiben unverändert auf der Erde. Die Erdaxe, d. h. die Linie, welche beide Pole verbindet, ist demnach eine Hauptaxe.

Es ist hier nicht der Ort zu untersuchen, wie es geschah, daß von den unendlich vielen geraden Linien, welche durch den Schwerpunkt der Erde gehen, und um welche anfänglich ein Stoß die Rotation hätte erzeugen können, eine der drei Hauptaxen zur Umdrehungsaxe wurde. Wir begnügen uns hier mit der Thatsache, wie die Beobachtungen sie ergeben haben; nur einen Umstand will ich anführen, der in diesem Zustande der Dinge eine Aenderung hervorrufen könnte.

Angenommen die Erde bestehe durchaus aus festen Stoffen, so wird ein schief gerichteter Anstoß eines etwas beträchtlichen Kometen die Rotationsaxe der Erde verschieben. Da die Bewegung anfänglich um eine Hauptaxe geschah, so wird sie nach erfolgtem Anstoße um eine augenblickliche Axe stattfinden müssen, und von diesem Augenblicke an werden die Breiten periodisch innerhalb gewisser Gränzen schwanken.

Die Breitenbestimmungen sind nicht mit großen Schwierigkeiten verknüpft, und lassen sich äußerst genau ausführen. Aenderungen im Betrage von zwei Bogensecunden möchten nicht lange verborgen bleiben, und so große Aenderungen würden stattfinden, sobald sich der Nordpol der Erdkugel um etwa 180 Fuß von demjenigen materiellen Punkte, den er heutigen Tages einnimmt, entfernte. Es könnte somit nicht der kleinste Komet in schiefem Anstoß mit der Erde zusammentreffen, ohne daß die Aenderung in gewissen geographischen Bestimmungsstücken nothwendig und augenblicklich die Astronomen zu Paris, London, Berlin u. s. w. von diesem Ereignisse benachrichtigte. Was hier von der Zukunft gesagt worden ist, gilt ebenso von der Vergangenheit; und aus der Thatsache, daß die Erde um eine unveränderliche

Axe rotirt, läßt sich mit Gewißheit schließen, daß sie mit keinem Kometen bisher zusammenstieß. Infolge eines in früherer Zeit erlittenen Stoßes wäre in der That eine augenblickliche Rotationsaxe an Stelle der Hauptaxe getreten, und die terrestrischen Breiten wären fortwährenden Aenderungen unterworfen, welche gegenwärtig dagegen durch keine Beobachtungen verrathen werden. Unmöglich wäre es nicht, daß die Erde, während ihre Umdrehung ursprünglich um eine augenblickliche Axe stattfand, erst infolge eines Stoßes in Rotation um eine ihrer Hauptaxen versetzt worden wäre; doch wird nicht leicht Jemand mir es zum Vorwurfe machen, wenn ich einen so außerordentlich unwahrscheinlichen Fall hier gänzlich übergehe.

Die Unveränderlichkeit der Polhöhen auf der Erde, die von jeher besteht, beweist also, daß unsere Erde niemals den Stoß eines Kometen erlitt; doch darf man hierbei nicht übersehen, von welcher Voraussetzung wir ausgingen, nämlich nicht außer Acht lassen, daß wir uns die Erde als aus festen Stoffen bestehend dachten.

Ist die Erde in ihrer Mitte noch in flüssigem Zustande — dies nehmen, wie wir bereits oben sahen (18. Kap. S. 192), Viele an aus ziemlich triftigen Gründen — so wird die Aufgabe, mit der wir uns beschäftigen, erheblich schwieriger. Denn eine flüssige Masse in Rotation plattet sich nothwendig ab in der Richtung der Pollinie und erhält an dem Aequator eine Anschwellung. Eine Aenderung in der Lage der Erdaxe wäre also von einer Gestaltänderung des inneren, flüssigen Kernes begleitet. Während sich die Flüssigkeit theilweise entfernte von den Gegenden, in welche die neuen Pole fallen, müßte sie andererseits mit Ungestüm nach dem neuen Aequator hinströmen. Man errathe nun, welche Risse, welche Fortschiebungen dergleichen Bewegungen in der festen Erdkruste hervorrufen müßten.

Doch wäre der Vorgang damit nicht beendet: kaum hätte nämlich die flüssige Masse begonnen, sich um die neue, augenblickliche Umdrehungsaxe zu ordnen, so wäre diese Axe schon nicht mehr die Umdrehungsaxe, denn eine dritte Axe wäre, eine neue Anordnung fordernd, an ihre Stelle getreten, und in dieser Weise gingen die Aenderungen ununterbrochen fort. Hier wäre also zu untersuchen, ob die starken Reibungen, welche die Flüssigkeit bei diesem steten Hin- und Her-

schwanken nothwendig erlitte, nicht etwa die Weite der Curve vermindern würden, welche ohne diesen Umstand die Endpunkte der augenblicklichen Drehungsaxen durchlaufen hätten. Ferner wäre in Betracht zu ziehen, ob nicht eben dadurch zuletzt eine Umdrehungsbewegung um eine Hauptaxe eintreten würde. Es ist also einleuchtend, daß unsere Aufgabe, wenn der Kern der Erde noch in flüssigem Zustande ist, an Schwierigkeit zugenommen hat, und daß man in diesem Falle aus der Unveränderlichkeit der Polhöhen auf der Erde nicht mehr mit derselben Sicherheit die Folgerung ziehen darf, daß unsere Erde niemals mit einem Kometen zusammengestoßen sei.

Anmerkungen der deutschen Ausgabe.

Zum zwanzigsten Buch.

1. S. 4. Dies sind die Dimensionen und die Größe der Abplattung, welche Bessel in No. 438 der Astronom. Nachrichten, XIX. Bd. S. 97, aus zehn Gradmessungen und mit Berücksichtigung eines, erst neuerdings von Puissant in der Berechnung der französischen Gradmessung begangenen, ziemlich erheblichen Versehens, hergeleitet hat. Vergl. Comptes Rendus 1841 Juni 21 und Encke's Abhandlung über die Dimensionen des Erdkörpers im Astronom. Jahrbuche für 1852. — Zu sehr nahe damit übereinstimmenden Werthen für die Dimensionen der Erde ist neuerdings auch Airy gekommen.

2. S. 11. Vergl. über die Gradmessung in Frankreich und deren Fortsetzung bis zu den balearischen Inseln Arago's Mittheilungen in der Selbstbiographie zu Anfange dieses Werkes. Auch im Verlaufe des gegenwärtigen (20.) Buches bringen spätere Kapitel mancherlei Detail über diese Messung.

3. S. 12. Die Beobachtungen und Ergebnisse aus der lappländischen Gradmessung machte Maupertuis bekannt in der Schrift: La figure de la Terre déterminée par les observations de MM. Maupertuis cet., Paris 8. 1738; eine lateinische Uebersetzung erschien von Zeller im J. 1742. Im vierten Bande seiner Werke (Lyoner Ausgabe von 1756, S. 324) gibt übrigens Maupertuis, abweichend von der Angabe unsers Textes, 57438 Toisen als Endresultat für die Länge seines Meridiangrades, eine Angabe, welche Euler bis auf etwa 27 Toisen für zuverlässig hielt. Indessen ist dies Resultat mehr als tausend Fuß zu groß. — Für die neuere Messung der schwedischen Astronomen siehe das Werk: Exposition des opérations faites en Laponie pour la détermination d'un arc du méridien cet. 8. Stockholm 1805. — Neuere kritische Untersuchungen über Maupertuis' Gradmessung haben Rosenberger und Hansen angestellt im VI. und VIII. Bde. der Astronom. Nachr., ohne jedoch über den großen Unterschied bestimmte Aufklärung zu erhalten. In den letz-

ten Jahren haben schwedische Mathematiker, unterstützt von den russischen Astronomen Lindhagen und Wagner, diese Messung abermals wiederholt und über einen bedeutend größern Bogen ausgedehnt.

4. S. 12. Das Detail der Beobachtungen des peruanischen Meridianbogens, mit Untersuchungen über die Figur der Erde, erschien erst von Bouguer im J. 1749 zu Paris: La Figure de la Terre déterminée par les observations de MM. Bouguer et de la Condamine. Seinerseits publicirte Condamine die Resultate in Mesure des trois premiers degrés du méridien dans l'hémisphère austral 1751. Auch die spanischen Theilnehmer an dieser großen Operation publicirten die Resultate vollständig in mehreren Quartbänden. Die Länge eines Grades nach dieser Messüng wird bisweilen von französischen Astronomen etwas abweichend auch gesetzt 56750 oder 56753 Toisen.

5. S. 12. Ueber Lacaille's Erdmessung siehe die Memoiren der pariser Akademie vom Jahre 1751; das im Texte gegebene Resultat verbesserte Lalande (Astron. § 2698) in 57040 Toisen. — Neuerdings, im Jahre 1848, hat Maclear, der königl. Astronom am Kap der Guten Hoffnung, diese Messung wiederholt und bedeutend erweitert (Schumacher Astron. Nachr. No. 574, Bd. XXIV. S. 359 u. ff.); das Resultat ist nur um etwa 26 Toisen geringer als Lacaille's ausgefallen.

6. S. 12. Lambton's erste, nur anderthalb Grade umfassende Messung wird an Genauigkeit und Größe des Unternehmens bedeutend übertroffen von der zweiten ostindischen Gradmessung, welche schon im Jahre 1825 nahezu über 16 Grade ausgedehnt war, und die man seit jener Zeit noch weiter fortgeführt hat. Die beiden indischen Gradmessungen sind nächst der peruanischen die dem Aequator zunächstliegenden, und deßhalb für die Festsetzung der wahren Gestalt der Erde von größter Wichtigkeit.

7. S. 13. Auch die vom General Roy begonnene Erdmessung in England, die Mudge bis auf fast drei Grade ausgedehnt hatte, ist in neuester Zeit bis zu den nördlichsten Punkten von Großbritannien, etwa auf 10 Grade der Breite erweitert worden. Dieselbe reicht (die Resultate sind gegenwärtig noch unpublicirt) bis zu den Shetlandsinseln, und in Verbindung mit der französischen Vermessung ist also von diesen Eilanden an der Meridianbogen ohne Unterbrechung gemessen bis zu den Balearen hin. Vergl. die Schrift: Nachricht von der Vollendung der Gradmessung zwischen der Donau und dem Eismeere, Petersburg, 1853, S. 6.

8. S. 13. Nach dem in der vorigen Anm. erwähnten Berichte der petersburger Akademie ist die mit Beihülfe des jetzigen General-Major W. v. Wrangel zwischen Hogland und Jakobstadt über $3^1/_2$ Grade der Breite ausgeführte Meridianmessung, deren unser Text ausschließlich gedenkt, nur der erste Theil der großartigsten aller bisher angestellten Erdmessungen. Durch General Tenner und W. v. Struve ist die russische Gradmessung in dem Zeitraume bis zum Jahre 1854 südlich bis Bessarabien, zum Donauufer, nördlich bis zum Eismeere fortgeführt, und damit ein zusammenhängender Meridianbogen von mehr als 25 Graden gemessen worden. Die Publication der Ergebnisse aus dieser außerordentlich wichtigen Ope-

ration ist nahe bevorstehend. Auch für die Kenntniß der Längengrade verspricht die große russische Gradmessung schöne Früchte, indem sich gegenwärtig bereits ein ununterbrochenes Dreiecksnetz über ganz Europa erstreckt, vom Ufer der Wolga bis zum Gestade des atlantischen Oceans reichend.

9. S. 12. Die Resultate der ostpreußischen Gradmessung sind niedergelegt in der Schrift: Gradmessung in Ostpreußen und ihre Verbindung mit preußischen und russischen Dreiecksnetzen, ausgeführt von Bessel und Bayer. Berlin 1838.

10. S. 15. Johannes Fernelius (1506 bis 1558; das Geburtsjahr setzt Lalande wohl zuverlässiger 1485) gehört nicht, wie der Text irriger Weise gibt, in das 17. Jahrhundert. Eine ausführliche Darstellung seines Verfahrens bei Ermittelung der Größe des Bogens von Paris bis Amiens gibt Delambre Hist. de l'Astr. moderne T. I. S. 333.

11. S. 22. Luc. Annaei Senecae Natur. Quaest. im 7. Buche, Kap. 2.

12. S. 23. Vergl. Arago's Biographie des Galilei, im III. Bde. dieser Gesammtausgabe, S. 199 u. ff.

13. S. 29. Die im 6. Kap. gegebene Auseinandersetzung bedarf einer Berichtigung, da sie in der gegenwärtigen Fassung, in welcher man dem französischen Texte treu geblieben ist, zu einem Mißverständniß unmittelbar Veranlassung gibt. Während gegen die im dritten Absatze dieses Kapitels gegebene Definition der Centrifugalkraft Nichts zu erinnern ist, haftet dem nächstfolgenden Absatze eine Unrichtigkeit an: das ruhig hängende Bleiloth gibt in der That, ohne irgend eine Modification, die Richtung der Schwere an, und nur das vom Faden plötzlich abgelöste, fallende Gewicht folgt bei seinem Niederfallen der Resultirenden aus der Richtung der Schwere und derjenigen seitlichen (östlichen) Abweichung, welche aus der Verschiedenheit der Tangentialgeschwindigkeit im Ausgangspunkte und in den tiefer belegenen Punkten hervorgeht. Wenn also zwei unmittelbar nebeneinander aufgehängte Bleilothe sich nicht mathematisch strenge parallel stellen, so liegt der Grund einfach in der Convergenz der von zwei verschiedenen Punkten aus nach dem Schwerpunkte der Erde gezogenen Linien.

14. S. 30. Die Versuche des Joh. Bapt. Guglielmini (1791) sind beschrieben in seiner Schrift De diurno Terrae motu, Bononiae 1792; Benzenberg's Fallversuche im Jahre 1802 in Hamburg (235 bis 240 par. Fuß) und 1804 im Kohlenschachte von Schlebusch (262 Fuß) in: Versuche über die Umdrehung der Erde, Dortmund 1804. Die Resultate endlich aus den Reich'schen Experimenten findet man in hinlänglicher Ausführlichkeit im 29. Bde. von Poggendorff's Annalen.

15. S. 37. Der XXXII. Bd. der Comptes Rendus der pariser Akademie (vergl. auch den dritten Ergänzungsband der Annalen der Physik und Chemie) enthält einige ältere Beobachtungen der von Foucault entdeckten Drehung der Schwingungsebene des Pendels. Sehr deutlich spricht namentlich eine Note aus ungedruckten Handschriften Viviani's: Osservanno che tutti i Penduli . . . . deviano dal primo verticale . . . da destra verso sinistra delle parti anteriori. Man kann noch hinzu-

fügen die bedeutungsvolle Stelle bei Muschenbroek (1756), Tentamina experimentorum natural. cet. S. 19.

16. S. 52. Etwas verschieden von den Angaben im Texte über die Böschungen lauten diejenigen Angaben, welche Elie de Beaumont hierüber macht im 4. Thle. der Mémoires pour servir à une déscr. géol. de la France. Die größte bei den Hauptstraßen in Frankreich erlaubte Neigung wird dort statt 4° 46′ gesetzt zu 2° 52′; ebenso wird die Gränze der Neigung für Fuhrwerk 13° 0′ gesetzt, während Arago diese äußerste Böschung nur zu 8° annimmt. Auch wegen anderer, zahlreichen Angaben dieser Art vergl. Naumann, Lehrbuch der Geognosie, 1850, I Th. S. 339.

17. S. 89. In der Anmerk. 41 zum zwölften Buche ist bereits darauf aufmerksam gemacht worden (12. Bd. S. 424), auf welchen veralteten und unzuverlässigen Annahmen die mehrfach bei Arago vorkommenden Betrachtungen über den Kometen von 1680 und dessen vermeintliche Umlaufszeit von 575 Jahren beruhen. Seit Encke's berühmter Arbeit über diesen Kometen gehört es zu den ausgemachtesten Thatsachen in der Astronomie, daß die Whiston'sche oder Halley'sche Periode aufzugeben ist, womit zugleich alle darauf gegründeten Speculationen, wie die im Texte, über die Zeitpunkte der früheren Erscheinungen oder gar über die Größe der Störungen, welche der Komet erlitten haben mag, ihre Bedeutung ohne Weiteres verlieren.

18. S. 92. Lacaille hatte in den Memoiren der pariser Akademie v. J. 1760 den Fall untersucht, wo ein retrograder Komet, in einer Entfernung von der Erde gleich dem mittleren Abstande des Mondes, zugleich in sein Perihel und in Opposition mit der Erde tritt. Er fand, daß ein Komet unter diesen Verhältnissen 140 Grade in einer Stunde zurücklegen müßte, und also beispielsweise im Verlaufe von 45 Minuten vom Horizont zum Zenith aufsteigen könnte. Vergl. auch Lalande im § 3204 seiner Astronomie (Ausgabe v. 1792). Einen Irrthum in dieser mehrfach wiederholten Angabe entdeckte zuerst Olbers der an Stelle der irrigen Werthe die im Texte mitgetheilten erhielt.

19. S. 103. Den ersten genauen Nachweis vom Sinken des Meeresspiegels an den schwedischen Küsten gab im Jahre 1743 Andreas Celsius in seiner Abhandlung: Von Verminderung des Wassers in der Ostsee und dem westlichen Meere (Abhandl. der schwedisch. Akad. der Wiss., der deutschen Uebers. V. Bd. S. 25—37). Seitdem ist die Größe dieser Senkung während eines Jahrhunderts in zahlreichen Untersuchungen ermittelt worden. Man weiß seit lange, daß dies scheinbare Sinken des Meeresspiegels durch eine Erhebung des Bodens zu erklären ist; durch Playfair (1802) und unabhängig von ihm durch Leopold von Buch (1807) wurde diese Thatsache zuerst festgestellt. Vergl. des Letzteren Reise durch Norwegen und Lappland im II. Bde; Naumann's Lehrbuch der Geognosie 1850 I. Bd., S. 269.

20. S. 103. Daß das Wasser der Ostsee, wenn auch in geringerem Maaße, an den regelmäßigen Bewegungen der Ebbe und Flut des allgemeinen Oceans Theil nimmt, ist, im Widerspruche mit Arago's Meinung, eine in Schweden und Deutschland seit langer Zeit ausgemachte Thatsache. Außer einigen Aufsätzen in den Me-

moiren der stockholmer Akademie ist besonders zu nennen des wittenberger Professor Joh. Dan. Titius (der auch der Urheber des nach ihm benannten Gesetzes in den Abständen der Planeten von der Sonne) Vestigia fluxus et refluxus in mari baltico, Wittenb. 1760. Er gründete seine Untersuchung auf zehnjährige danziger Beobachtungen. Doch hat erst in neuester Zeit Paschen in Schwerin aus 7½jährigen, im Hafen von Wismar angestellten Beobachtungen nachgewiesen, daß diese unläugbar vorhandenen regelmäßigen Niveauänderungen sich, ihrer Größe nach, auch in der Ostsee genau bestimmen lassen; er findet in seiner vortrefflichen Arbeit die mittlere Fluthöhe, d. h. den Unterschied der höchsten und tiefsten Stelle der Flutwelle $3^{43}/_{100}$ rheinl. Zolle, und die mittlere Hafenzeit, d. h. die Zeit, die von der Mondsculmination bis zum Eintritte der höchsten Flut verfließt, 5 St. 33 Min. Vergl. des großherz. meckl. statist. Bureaus Archiv für Landeskunde, 1856.

21. S. 112. Der Epomäus auf Ischia hat nach Humboldt im Jahre 1302 einen Ausbruch gehabt; Ansichten der Natur 3. Ausg. I. Bd. S. 283.

22. S. 113. Der Ansicht Sartorius' von Waltershausen zufolge ist der Krabla auf Island, der so oft, wie im Texte, als Vulkan aufgeführt wird, nicht unter die feuerspeienden Berge zu rechnen; siehe Sartorius' Physisch-geognostische Skizze von Island, 1847. S. 111; nach Naumann's Lehrbuch der Geognosie I. Th. S. 113.

23. S. 161. Arago's Meinung, es sei bisher noch nicht gelungen, bei den zur Messung der Berghöhen dienenden Methoden den Feuchtigkeitszustand zu berücksichtigen, ist irrig. Im Jahre 1838 bereits hat Bessel in seiner Abhandlung über barometrisches Höhenmessen (Schumacher's Astr. Nachr. XV. Bd. S. 329) den in der Atmosphäre enthaltenen Wasserdampf berücksichtigt. Die nach den dort entwickelten Formeln berechneten Tafeln in Schumacher's Jahrbuche für 1839 setzen den Beobachter mit Psychrometer versehen voraus.

24. S. 174. In den so ausführlichen Höhentabellen hat sich die deutsche Ausgabe, ohne die zahlreichen Angaben als die neuesten und zuverlässigsten übrigens verbürgen zu können, einfach an den französischen Text angeschlossen. Bei der Kürze der Zeit, in welcher diese Uebersetzung dem Erscheinen des Originals nothwendig nachfolgen muß, hat man sich dabei nur auf Abänderung offenbar irriger Angaben beschränken können, z. B. beim Großen Beerberg und Inselsberg in Thüringen, wo die Angaben des Originals, von resp. 1978 und 1808 Metern, die Höhen mehr als doppelt zu groß machten.

25. S. 188. Bei Angabe der Tiefe des Caspisees unter dem Meeresniveau (die Thatsache kannte Edmund Halley schon im Jahre 1694), folgt Arago noch der älteren Parrot'schen Angabe, wonach dieser See, namentlich Astrachan an seinem Gestade, 300 Fuß unter dem Spiegel des schwarzen Meeres liegen soll. Nach dem auf Veranlassung der petersburger Akademie neuerdings ausgeführten Nivellement (diese höchst beschwerliche Arbeit wurde von Georg Fuß, Sabler und Sawitsch mittelst genauester geodätischer Messungen vollbracht, denen barometrisches Nivellement nur bestätigend zur Seite ging), beträgt indessen die wahre Depression des Sees nur

78 par. Fuß gegen das Schwarze Meer; Beschreibung der zur Ermittelung des Höhenunterschiedes zwischen dem Schwarzen und dem Caspischen Meere ausgeführten Messungen. Petersburg 1849. 4.; Naumann Geognosie I. S. 372.

26. S. 195. Die angeführte Stelle im Kosmos I. Bd. S. 178.

27. S. 223. Mit der in diesem Kapitel gegebenen Darstellung der Vorzüge der Borda'schen (oder der sogenannten französischen) Repetitionskreise möchten heutzutage auch die französischen Astronomen nicht mehr einverstanden sein, seitdem diese Instrumente sowohl als auch die spätern Reichenbach'schen, an welchen man die von Bohnenberger zuerst entdeckten constanten Fehlerquellen allgemein anerkannt hat, das Ansehen fast durchaus verloren haben, in welchem sie zu Anfange des 19. Jahrhunderts standen. Arago's hier hervortretende Vorliebe für eine Gattung von antiquirten Instrumenten ist erklärlich durch seine wesentliche Betheiligung an der großen Operation der französischen Meridianmessung, die mit solchen Instrumenten ausgeführt wurde; nichtsdestoweniger kann sein Erklärungsversuch der constant vorkommenden Fehler aus dem verschiedenen Eindrucke, den unvollkommene Bilder im Fernrohre auf verschiedene Beobachter machen, keine Geltung haben, weil es den geschicktesten Beobachtern, Bessel, Struve, Schumacher, nach Aufgebung des Princips der Repetition gelang, die Resultate aus nördlichen und südlichen Sternen untereinander in Uebereinstimmung zu bringen.

28. S. 226. Die Darstellung dieser beiden größten Chronometerexpeditionen findet man in den akademischen Schriften von Struve: Expédition chronométrique entre Poulkowa et Altona pour la détermination cet. und Otto Struve Expédition chron. entre Altona et Greenwich cet., Petersburg 1846. Von sehr zahlreichen andern Chronometerexpeditionen mag es genügen, der von Hansteen zwischen Christiania und Copenhagen ausgeführten zu gedenken.

29. S. 227. Auch in Deutschland sind sehr zuverlässige Längenbestimmungen in großer Anzahl durch Pulversignale angestellt worden. Um die allgemeinere Aufnahme dieser Methode machte sich, zu Anfange des gegenwärtigen Jahrhunderts besonders v. Zach verdient, dessen Monatliche Correspondenz viele derartige Bestimmungen mittheilt. An Stelle des losen Pulvers bediente man sich auch bisweilen aufsteigender Raketen als Zeitsignale, und zur Tageszeit der Sonnenblitze des von Gauß erfundenen Heliotrops.

30. S. 228. Erst einige Jahre nach Arago's Tode ist die hier erwähnte Operation der Längenverbindung der Sternwarten zu Paris und Greenwich durch den elektrischen Telegraphen zur Ausführung gekommen, und der früherhin nach allen bekannten Methoden so außerordentlich oft, astronomisch und geodätisch, bestimmte Längenunterschied beider Sternwarten um eine ganze Zeitsecunde von der bisher gültigen Annahme verschieden gefunden worden. Man darf jedoch nicht übersehen, daß bei aller Zuverlässigkeit, welche der Verbindung selbst, d. h. der Uebertragung der Signale von einer Station zur andern, zukommt, die Unsicherheit der beiderseitigen Zeitbestimmung nothwendig in das Resultat übergeht. Lassen sich auch ge-

wisse Fehlerquellen bei der Zeitbestimmung, z. B. die bisweilen beträchtliche persönliche Gleichung, durch geeignete Combinationen vermeiden, so bleiben andere, z. B. die niemals vollkommen genaue Kenntniß der Fehler der Aufstellung des Meridianinstrumentes, bei dieser Methode sowohl übrig, als bei allen andern. — In neuester Zeit haben Faye zu Paris und Wichmann in Königsberg noch neue Vervollkommnungen der telegraphischen Zeitübertragung in Vorschlag gebracht; Comptes Rendus, Aug. 4. 1856 und Astron. Nachr. No. 1046. Eine ausführliche Darstellung der Bestimmung des Längenunterschieds zwischen Greenwich und Brüssel (die noch vor der pariser zur Ausführung kam), gibt Airy im 24. Bde. der Mem. of the Roy. Astron. Soc. London 1856.

31. S. 255. Die deutsche Ausgeber mußte sich auch hier an die Zahlenangaben des französischen Textes halten, da man sich in der Unmöglichkeit befand, jede einzelne Angabe mit den Originalwerken der Gradmessungen zu vergleichen oder durch neue Rechnung zu prüfen. Sind auch auffällige Druckversehen nicht übrig geblieben, so wird dem aufmerksamen Leser doch ein oder zwei Male eine Inconsequenz in den Angaben nicht entgehen.

32. S. 262. Ueber Babinet's homalographische Projection findet sich die erste Mittheilung in den Comptes Rendus der pariser Akademie vom Jahre 1850, XXXI. Bd.

33. S. 265. Das Princip der sogenannten reducirten Karten, nach Gerhard Merkator's oder Eduard Wright's Projection, ist eine der schönsten Erfindungen des 16. Jahrhunderts. Die Loxodrome der Seefahrer, eine an schönen geometrischen Eigenschaften reiche Linie auf der Kugelfläche, geht bei dieser Darstellung in eine Gerade über; aber die Länder erscheinen, sobald man sich einigermaaßen vom Aequator entfernt, breiter und umfänglicher, als sie in der That sind, doch bleibt die gegenseitige Lage ungeändert. Die erste Karte dieser Art erschien im Jahre 1569.

34. S. 278. Seine neue, späterhin so überaus wichtig gewordene Methode zur Bestimmung der Sonnenparallaxe theilte Halley mit in den Jahrgängen 1691 und 1716 der Philos. Transact. Wegen des geschichtlichen Details kann man für die beiden Vorübergänge nachlesen die Schriften von Encke: Entfernung der Sonne von der Erde, 1822, und Der Venusdurchgang von 1769, Gotha 1824. Hier mag es genügen, die Bemerkung im Texte Legentil betreffend, dahin zu berichtigen, daß derselbe an der Beobachtung zu Pondichery durch Kriegsereignisse verhindert wurde; die Engländer nahmen das Schiff, auf welchem sich seine Instrumente befanden.

Einundzwanzigstes Buch.

Der Mond.

Erstes Kapitel.

Bewegung des Mondes.

Der Mond bewegt sich ununterbrochen in einer geschlossenen Curve, innerhalb welcher sich die Erde befindet.

Weil der Mond unsere Erde niemals verläßt, hat man ihn den Satelliten oder Trabanten derselben genannt.

Betrachtet man den Mond in zwei verschiedenen Augenblicken, die nur um wenige Minuten voneinander entfernt zu liegen brauchen, so erkennt man alsbald, daß derselbe eine Eigenbewegung besitzt. Wenn man nämlich den Mond mit einem ostwärts von ihm befindlichen Sterne vergleicht, so bemerkt man, daß der Abstand zwischen beiden sich schnell vermindert, und daß sich folglich der Mond von Westen nach Osten bewegt.

Die Zeit, welche der Mond braucht, um zu demselben Sterne zurückzukommen, nennt man die Dauer des Sideralumlaufs. Zu Anfange dieses Jahrhunderts betrug diese Zeit 27,32 Sonnentage; sie bleibt aber nicht durch alle Jahrhunderte dieselbe, sondern der Sideralumlauf ist von den ältesten Beobachtungen bis zur Gegenwart fortwährend kürzer geworden. Wird diese Abnahme in alle Zeit fortbestehen? Ueber diese Frage konnten die Beobachtungen allein nicht entscheiden; nachdem jedoch die Theorie auf die eigentliche Ursache dieser

Beschleunigung der mittleren Bewegung geführt hat, kann man mit Sicherheit behaupten, daß die Dauer der Umlaufszeit stets zwischen sehr engen Gränzen eingeschlossen liegen, und daß späterhin auf die Beschleunigung wieder eine Verlangsamung folgen wird.

Die Zeit welche der Mond braucht, um zu dem beweglichen Stundenkreise der Sonne zurückzukehren, oder die Dauer des synodischen*) Umlaufs ist natürlicherweise länger als die Zeit des Sideralumlaufs; sie beträgt gegenwärtig 29,53 Tage. Man begreift, weshalb ich sage gegenwärtig, denn es ist einleuchtend, daß der synodische Umlauf ebensowohl veränderlich sein muß, als der siderische Umlauf.

In der Bahn, längs welcher sich der Mond bewegt, werden wir zu unterscheiden haben zunächst den Punkt, welchen der Mond einnimmt, wenn er um Mittag, also etwa gleichzeitig mit der Sonne durch den Meridian geht, d. h. den Punkt, in welchem der Mond gleiche Länge mit der Sonne hat, oder, was dasselbe ist, in welchem beide Gestirne in Conjunction stehen.

Da zwei Gestirne, welche dieselbe Länge haben, nicht genau gleiche Rectascension besitzen, während doch die Durchgänge der Gestirne durch den Meridian von der Rectascension abhängen, so sieht man leicht ein, daß wenn Sonne und Mond in Conjunction sind, sie nicht nothwendigerweise gleichzeitig durch den Meridian gehen. Ich füge indessen sogleich hinzu, daß der Unterschied niemals beträchtlich ist.

Man sagt vom Monde, er stehe in Opposition, wenn seine Länge um 180 Grade von der Sonnenlänge verschieden ist.

Will man gleichzeitig von der Conjunction und der Opposition reden, so begreift man die Punkte in diesen beiden Stellungen unter dem Namen Syzygien.

Wir werden ferner auch diejenigen Punkte betrachten müssen, welche nach Osten oder Westen 90 Grade von der Sonne abstehen;

*) Mit dem Worte Synode hat man in der kirchlichen Sprache stets eine Versammlung oder Zusammenkunft von Würdenträgern der Kirche bezeichnet; daraus ergibt sich, weßhalb man den Ausdruck synodische Umlaufszeit von der Zwischenzeit gebrauchen konnte, welche zwischen zwei Zusammenkünften zweier Gestirne an demselben Punkte des Himmels verfließt.

steht der Mond in einem dieser Punkte, so geht er etwa um 6 Uhr Morgens oder Abends durch den Meridian, und man sagt dann von ihm, er stehe in seinen Quadraturen.

Die vier Punkte, welche 45 Grade von der Conjunction und den Quadraturen abliegen und wiederum die, welche ebensoviel von den Quadraturen und der Opposition abstehen, heißen die Octanten.

Die Zeit, welche der Mond gebraucht, um der Reihe nach alle diese Stellungen einzunehmen, nennt man eine Lunation.

Wenn wir eine Zeit lang jeden Tag, im Augenblicke des Meridiandurchganges des Mondes, in der Weise, wie im 7. Buche, Kap. 4, S. 222 des 11. Bds. für die Sonne geschehen ist, die Rectascension und die Declination unseres Trabanten beobachten, so können wir alle diese beobachteten Positionen auf einen Globus auftragen, worauf die Ekliptik schon im Voraus eingezeichnet ist. Dann bemerken wir sogleich, daß der Mond bald südlich, bald nördlich von der Ekliptik steht, d. h. daß er bald südliche, bald nördliche Breiten hat.

Derjenige Punkt der Ekliptik, durch welchen der Mond geht, indem er von der Südseite der Ebene der Ekliptik zur Nordseite aufsteigt, heißt der aufsteigende Knoten; derjenige Punkt dagegen, in welchem der Mond umgekehrt von der Nordseite zur Südseite herabsteigt, heißt der niedersteigende Knoten. Aehnlich wie die Aequinoctien der Sonne stehen auch diese Knoten nicht fest am Himmel; ja noch mehr, sie stehen einander nicht einmal diametral gegenüber, sondern besitzen eine beträchtliche eigene Bewegung, die von Osten nach Westen gerichtet ist; denn während bei der Sonne die Aequinoctialpunkte sich jährlich nur um etwa 50 Sekunden verschieben, rücken die Mondknoten in derselben Zeit und nach derselben Richtung um 19° 20′ 29″7 fort, d. h. also täglich um 3′ 10″6. Liegt der aufsteigende Knoten zu Anfang einer Lunation bei einem bestimmten Sterne, so findet man ihn bei der nächsten Lunation in einer um 1° 33′ 49″6 östlicheren Lage.

Indem wir a. a. O. für jeden Tag die Stellungen der Sonne auf dem Globus auftrugen, konnten wir uns leicht die Ueberzeugung verschaffen, daß dies Gestirn eine krumme Linie beschreibt, die fast durchaus in eine Ebene fällt, welche mit dem Aequator einen nahezu

unveränderlichen Winkel einschließt. Wenden wir dasselbe Verfahren auf die Ergebnisse der Beobachtungen des Mondes an, so werden wir finden, daß die verschiedenen Theile der Mondbahn, sogar in einer und derselben Lunation, in verschiedenen Ebenen liegen.

Um die eigentliche Ursache dieser Unregelmäßigkeit zu entdecken, wollen wir auf die feste, ebene Curve, die in einem bestimmten Zeitpunkte irgend einer Lunation durch das aufsteigende Aequinoctium gelegt wurde, Stellungen des Mondes auftragen, so weit untereinander entfernt, als es die täglichen Beobachtungen einen halben Umlauf des Mondes hindurch ergaben. Drehen wir jetzt diese Ebene gleichförmig dergestalt, daß ihr Durchschnitt mit der Ekliptik mit dem niedersteigenden Aequinoctium in dem Augenblicke zusammenfällt, wenn die halbe Lunation vorüber ist, so wird man finden, daß die aufeinander folgenden Stellungen des Mondes Tag für Tag sehr nahe mit den beobachteten Positionenüber einstimmen. Man kann also annehmen, daß sich der Mond, ebenso wie es bei der Sonne der Fall ist, in einer ebenen Curve bewegt, wenn man dabei zugleich voraussetzt, daß die Ebene dieser Curve sich fortwährend so verschiebt, daß sie die Ebene der Ekliptik in den beweglichen Punkten durchschneidet, in welchen sich im Verlaufe der Zeit die beiden Knoten befinden.

Diese bewegliche Ebene, in welcher der Mond umläuft, macht mit der Ebene der Ekliptik einen fast unveränderlichen Winkel von etwa 5 Graden; d. h. in andern Worten, der Mond erreicht in allen Lunationen dieselben größten Breiten. Anders verhält es sich dagegen mit den Declinationen des Mondes, d. h. mit seinen Abständen vom Aequator; diese ändern sich beträchtlich selbst von einer Lunation zur nächstfolgenden.

Die dem Monde selbst eigenthümliche Winkelbewegung in seiner beweglichen Bahn ist keineswegs gleichförmig; man bemerkt darin bald sehr starke Verschiedenheiten.

Durch das vorhin beschriebene graphische Verfahren werden diejenigen Punkte bestimmt, in welchen die geraden Linien von der Erde zum Monde, die man Radienvectoren nennt, die Himmelskugel treffen; bisher aber haben uns diese keine Einsicht in die vom Monde durchlaufene Bahn verschafft; so wissen wir z. B. noch nicht, ob dieselbe ein

Kreis oder eine Ellipse ist. Um hierzu zu gelangen, muß man nothwendig mit den Beobachtungen der Rectascension und der Declination andere Beobachtungen verbinden, aus denen sich erkennen läßt, ob die Entfernungen des Mondes von der Erde constant oder veränderlich sind, eine Frage, welche uns das Mikrometer beantworten wird.

Wendet man nun dies Instrument zur Messung des Winkeldurchmessers des Mondes an, so findet man, daß dieser Durchmesser sehr veränderlich ist und daß folglich die Entfernung des Mondes von der Erde sich fortwährend ändert, denn es wäre widersinnig anzunehmen, daß der wirkliche Durchmesser des Gestirns eine ganze Lunation hindurch Aenderungen erlitte, und daß dann in allen nachfolgenden Lunationen analoge Aenderungen einträten. Uebrigens sieht man auf's Deutlichste, daß sich diese Entfernungen umgekehrt wie die Winkeldurchmesser verhalten müssen, d. h. daß der größte Durchmesser der kleinsten Entfernung entsprechen muß, und umgekehrt der kleinste Durchmesser der größten Entfernung. Werden nun Messungen in allen Punkten der Mondbahn angestellt, so ergeben sich daraus die verhältlichen Abstände des Mondes von der Erde durch die ganze Lunation hindurch. Wenn man alsdann in einer Ebene gerade Linien zieht, die untereinander dieselben Winkel machen, als die Radienvectoren des Mondes durch alle Tage einer Lunation hindurch, und wenn man auf diese Linien Längen abträgt, welche den zugehörigen Durchmessern des Mondes umgekehrt proportional sind, so erhält man eine richtige Darstellung von der Bahn, in welcher der Mond um die Erde läuft. Auf die angegebene Weise hat man gefunden, daß diese Bahn eine Ellipse ist, in deren einem Brennpunkte sich die Sonne befindet. Der der Erde zunächst liegende Endpunkt der großen Axe dieser Ellipse wird das Perigäum genannt; der gegenüberliegende Endpunkt derselben Axe heißt Apogäum. Apogäum und Perigäum heißen beide zusammen betrachtet, die Apsiden.

Die Entfernung desjenigen Brennpunktes, in welchem sich die Erde befindet, vom Mittelpunkte der Mondbahn wird die Excentricität genannt; in Theilen der großen Halbaxe ausgedrückt, beträgt dieselbe 0,0548442.

Die Apsidenlinie liegt am Himmel nicht fest; gegenwärtig bewegt

sie sich etwa um 40 Grade jährlich oder um 3 Grade allmonatlich von Osten nach Westen.

Befindet sich der Mond in seinem Perigäum, so hat er die schnellste Bewegung in seiner Bahn; im Apogäum dagegen ist die eigene Bewegung am kleinsten.

Die Aenderungen der eigenen Bewegung und die Entfernungen hängen untereinander durch ein einfaches Gesetz zusammen, das von Keppler entdeckt ist, und das wir in Bezug auf den Lauf der Planeten um die Sonne schon im 6. Kap. des 16. Buchs (12. Bd. S. 200) bestätigt gefunden haben. Ich wiederhole hier dasselbe noch einmal:

In einem beliebigen Punkte der Mondbahn ist die Winkelbewegung in der Zeiteinheit, multiplicirt mit dem Quadrate des zugehörigen Radiusvectors, eine Constante; dies heißt nichts Anderes, als daß die vom Radiusvector des Mondes in gleichen Zeiten beschriebenen Flächen gleich groß, und von einem bestimmten Radiusvector an gerechnet, der Zeit proportional sind.

Zweites Kapitel.

Dauer der Umlaufszeit des Mondes.

Halley hat zuerst thatsächlich die Beobachtung gemacht, daß die mittlere Bewegung des Mondes, wie ich bereits im vorigen Kapitel bemerkte, seit den ältesten Beobachtungen schneller geworden ist, insbesondere seit den Beobachtungen in der Zeit der Kalifen bis auf unsere Tage. Erinnert man sich bei diesem Resultate des physischen Zusammenhanges bei den Bewegungen der Himmelskörper, so kann man es wohl als ein erstaunliches bezeichnen; insofern es unmöglich ist, daß sich ein Gestirn um ein anderes mit größerer Geschwindigkeit bewegt, ohne daß der Abstand entsprechend abnähme.

Soll eine Umlaufsbewegung von Bestand sein, so muß nothwendig Gleichheit bestehen zwischen der Größe, um welche der umlaufende Körper unter der Einwirkung der Anziehungskraft in einer Sekunde gegen seinen Centralkörper fällt (eine Größe, welche bei ab-

nehmender Entfernung offenbar zunimmt), und der Centrifugalkraft, die in demselben Zeitraume den umlaufenden Körper vom Centralkörper zu entfernen strebt. Diese Centrifugalkraft nimmt offenbar mit der Geschwindigkeit zu.

Hat man dies eingesehen, so ist zugleich klar, daß eine schnellere Bewegung des Mondes zusammenhängen müßte mit einer Verringerung seines Abstandes von der Erde, und daß eine unbegränzte Zunahme dieser Geschwindigkeit einer unbegränzten Abnahme des Abstandes entsprechen würde; dergestalt daß zuletzt der Mond die Erde erreichen müßte, — ein Ereigniß, das nicht verfehlen könnte, entsetzliche physische Umwälzungen herbeizuführen.

Um die Mitte des vorigen Jahrhunderts wurden diese Folgen der durch die Beobachtungen angedeuteten Beschleunigung vielfach von den Astronomen erörtert. In das Publikum drang indessen die Kunde von diesem Umstande glücklicherweise erst zu der Zeit, wo Laplace aus der Theorie erwiesen hatte, daß diese Beschleunigung sich in ziemlich engen Gränzen halten, und einst einer stufenweise verlangsamten Bewegung Platz machen wird.

Aus diesem Ergebnisse, zu welchem der genannte Mathematiker geführt wurde, hat man zugleich den Beweis herleiten können, daß die Temperatur der Erde im Allgemeinen sich innerhalb eines Zeitraumes von 2000 Jahren nicht um einen Hundertelgrad geändert haben kann. Auf den ersten Blick erkennt man freilich keinen Zusammenhang zwischen dieser Temperatur und der Mondbewegung.

Drittes Kapitel.

Störungen in der Mondbewegung; die hauptsächlichsten Ungleichheiten.

Wenn man auf Grund der Gesetze der elliptischen Bewegung die Oerter des Mondes in seiner Bahn berechnet, so findet man bisweilen sehr erhebliche Abweichungen von den beobachteten Oertern, und diese Unterschiede kehren in jeder Lunation regelmäßig wieder. Die eine derselben wird Evection genannt; sie beträgt im Maximum 1° 20′,

und ist durch ein einfaches Gesetz an die Entfernung des Mondes von der Sonne und die Entfernung des Mondes von seinem Perigäum geknüpft.

Die zweite Ungleichheit, die unter dem Namen Variation bekannt ist, erreicht ihren größten Werth von etwa einem halben Grade zu der Zeit, wo der Winkelabstand zwischen Sonne und Mond 45° beträgt.

Die dritte endlich von den großen Ungleichheiten, welche die elliptische Bewegung des Mondes stören, und die man die jährliche Gleichung nennt, hat zum Maximum 11′ 10″. Dieselbe rührt von den Aenderungen her, welche die Winkelbewegung des Mondes, je nach den verschiedenen Stellungen der Erde in ihrer eigenen Bahn um die Sonne, erleidet.

Die Entdeckung der Evection gehört dem Ptolemäus; es ist dies eine der wichtigsten unter allen, welche man diesem Astronomen verdankt. Diese Ungleichheit konnte nicht aus bloßen Finsternißbeobachtungen hergeleitet werden, und diese Gattung von Beobachtungen war in alten Zeiten die einzige gewesen, welche man überhaupt am Monde angestellt hatte. Man mußte vielmehr, um zur Entdeckung der Evection gelangen zu können, vorher das Bewußtsein haben, wie wichtig die Bestimmung der Entfernung des Mondes von der Sonne auch außerhalb der Conjunctionen und Oppositionen sei.

Dem Verfasser des Almagest verdankt man gleichfalls die Beobachtungen, aus welchen man das Vorhandensein der jährlichen Gleichung hat ableiten können.

Bei einem Versuche diejenige Ungleichheit in der Mondbewegung, welche ich als Ptolemäus' schönste Entdeckung bezeichnete, zu erklären, nahm Bullialdus seine Zuflucht zu einer Verrückung des Brennpunkts der Mondellipse, und daher stammt die Benennung Evection oder Verrückung, welche man seitdem dieser Ungleichheit beigelegt hat*).

---

*) Diese Störung in der Mondbewegung hat Bullialdus, wie oben erwähnt, die Evection genannt. Einige behaupten, er habe bei Bildung dieses Namens an die Abhängigkeit gedacht, in welcher diese Ungleichheit steht von der Lage des Apogäums; Andere sind dagegen der Meinung gewesen, Bullialdus habe diese Ungleichheit deßwegen Evection benannt, weil durch ihre Anwendung die Berechnung an Genauigkeit gewinnt.

Was die Entdeckung der Variation betrifft, so hatte man diese, noch bis in die neueste Zeit, dem Tycho-Brahe zugeschrieben; Sédillot hat indessen gefunden, daß von ihr schon in einer Handschrift des Abulwefa die Rede ist, der 600 Jahre früher, als der Uranienburger Astronom lebte.

Viertes Kapitel.

Die Mondphasen.

Die auffälligste und am längsten bekannte Erscheinung in jedem Mondmonate ist der Wechsel der Lichtphasen (Fig. 291, S. 302).

Wenn der Mond anfängt Abends aus den Sonnenstrahlen hervorzutreten, erscheint er in Gestalt einer äußerst schmalen Sichel (A), deren converer Bogen kreisrund ist, und sich nach der Sonne hin richtet, während der concave, wenig elliptische Bogen nach Osten sieht.

Dieser Kreis und diese Ellipse scheinen sich unter sehr spitzen Winkeln in zwei diametral gegenüberstehenden Punkten zu schneiden, welche man die Hörner nennt.

Beide Hörnerspitzen werden durch eine gerade Linie verbunden, die ein Durchmesser von dem halben Kreisumfange ist, welcher die Lichtgestalt oder Phase auf der Westseite begränzt.

Die Breite der Mondsichel nimmt hierauf stufenweise zu (B), während ihre beiden Gränzlinien dieselben geometrischen Figuren des Kreises und der Ellipse beibehalten, je mehr man sich von dem Tage entfernt, an welchem der Mond zuerst wahrgenommen wurde. Endlich, wenn der Mond in eine Winkelentfernung von der Sonne von sehr nahe 90 Graden gelangt ist, wird der sichtbare Theil (C) westlich von einem Kreise, östlich aber durch eine gerade Linie begränzt; also besitzt der Mond an diesem Tage die Gestalt eines Halbkreises und man sagt alsdann aus diesem Grunde, unser Satellit stehe im ersten Viertel. In dieser Stellung geht er etwa um sechs Uhr Abends durch den Meridian.

Den Tag nach dem ersten Viertel umfaßt der von der Erde aus

sichtbare Theil des Mondes (D) mehr als einen Halbkreis; der westliche Rand ist immer noch kreisförmig und der östliche bleibt elliptisch; aber im Gegensatze zu dem Vorgange in der Zeit vor dem ersten Viertel, wendet nun die Ellipse ihre concave Seite nach Westen.

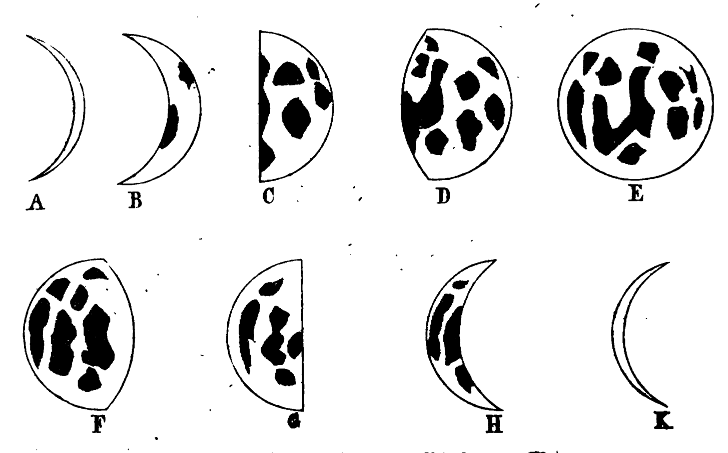


Fig. 291 — Lichtgestalten oder Phasen des Mondes.

Von Tage zu Tage wächst nun die Lichtgestalt schrittweise, bis endlich, wenn der Mond in Opposition mit der Sonne steht, und nahe um Mitternacht durch den Meridian geht, der östliche und der westliche Rand des Gestirnes in genau übereinstimmender Gestalt erscheinen, nämlich beide kreisförmig (E); alsdann sagt man der Mond sei **voll**.

Alsbald nach dem Eintritte des Vollmonds, fängt das Gestirn an, einen Theil seines Lichtes am Westrande der Scheibe zu verlieren (F); die Scheibe ist nun westlich durch eine Ellipse und am Ostrande durch einen Kreis begränzt.

Am Tage der zweiten Quadratur erscheint der Mond halb erleuchtet (G); den Ostrand sieht man in Kreisgestalt, und westlich ist die Trennungslinie zwischen Licht und Schatten gerade. Zu dieser Zeit geht der Mond nahe um sechs Uhr Morgens durch den Meridian. Von nun an (man nennt diese Lichtgestalt das **letzte Viertel**) beginnt die Phase hohl zu erscheinen, indem nämlich eine nach Westen concave, elliptische Linie (H) den von der Erde aus sichtbaren Theil

des Mondes begränzt, der auf der östlichen Seite seine Kreisgestalt ununterbrochen beibehält. Die Erscheinung ist jetzt das Umgekehrte von dem, was wir während des zunehmenden Mondes, d. h. in der Zeit von der Conjunction bis zum Vollmonde beobachtet hatten.

Endlich wenn der Mond vor der aufgehenden Sonne nur wenig vorhergeht, hat er die Gestalt einer sehr schmalen Sichel (K), die östlich durch einen Kreis, und westlich durch eine schwach elliptische Linie mit nach Osten gewendeter Convexität begränzt ist.

Den eigentlichen Grund dieses merkwürdigen Wechsels sieht man sogleich ein, wenn man bedenkt, daß der Mond ein dunkler, runder Körper ist, und daß die ihn erleuchtende Sonne gleichfalls rund ist und weit vom Monde entfernt steht. Obgleich der Durchmesser der Sonne in der That beträchtlich größer ist, als der des Mondes, sind dennoch die scheinbaren Winkeldurchmesser beider Gestirne nicht erheblich voneinander verschieden, dergestalt daß die von den Sonnenrändern kommenden Strahlen, welche die entsprechenden Mondränder treffen, einen sehr wenig zugespitzten Kegel, also fast einen Cylinder bilden, dessen Axe die Gerade ist, welche die Mittelpunkte beider Gestirne verbindet.

Auf dem Monde muß demnach die Trennungslinie von Licht und Schatten, d. h. die Linie, welche den beleuchteten Theil der Mondoberfläche von dem dunkeln sondert, einen größten Kreis bilden, dessen Ebene auf der soeben erwähnten Axe nothwendig senkrecht steht.

Ein kugelförmiger Körper, wie unser Mond, würde aus der Ferne, also z. B. von der Erde aus gesehen, wenn er auf seiner ganzen Oberfläche erleuchtet wäre, in der Gestalt eines Kreises erscheinen, dessen Umfang der Durchschnitt sein müßte, den eine durch den Mittelpunkt des Gestirns gelegte Ebene bildet, die senkrecht steht auf der vom Auge des Beobachters nach diesem Mittelpunkte geführten Linie.

Nun sind aber nicht alle sichtbaren Theile des Mondes oder vielmehr wird nicht die ganze sichtbare Halbkugel von der Sonne beschienen; woraus dann folgt, daß uns das Gestirn unter verschiedenen Gestalten erscheinen muß, welche von den gegenseitigen Stellungen der Sonne, des Mondes und der Erde bedingt sind.

Wir haben bereits gesehen, daß die Trennungslinie zwischen Licht und Schatten ein größter Kreis auf der Mondkugel ist; ferner daß die

krumme Linie, welche für einen Beobachter auf der Erde die sichtbare Halbkugel von der gegenüberliegenden trennt, gleichfalls ein größter Kreis ist, der in einer auf der Gesichtslinie des Beobachters senkrechten Ebene liegt. Diese letztere Ebene muß die beleuchtete Halbkugel nothwendig ebenfalls in einem größten Halbkreise schneiden.

Alles aber was man senkrecht betrachtet, erscheint in seiner wahren Gestalt; deßhalb wird der beleuchtete Theil des Mondes, der in die sichtbare Halbkugel fällt, immer von einem Halbkreise begränzt sein, und der Mond wird demnach immer nach derjenigen Seite hin rund erscheinen, von welcher die Sonnenstrahlen auf ihn fallen, d. h. nach Westen hin in der ersten Hälfte des Mondmonats, und nach Osten hin während der zweiten Hälfte desselben.

Untersuchen wir jetzt, welche Gestalt die Gränzlinie an der entgegengesetzten Seite haben muß. Thatsächlich kann diese Gränze oder Trennungslinie von Licht und Schatten auf der Mondfläche keine andere sein, als der Umfang eines größten Kreises; dieser Umfang wird in zwei gleiche Theile geschnitten durch diejenige Ebene, welche für einen Beobachter auf der Erde die sichtbare Hemisphäre von der gegenüberliegenden trennt. Zwei größte Kreise auf der Kugel schneiden sich bekanntlich immer in zwei gleiche Theile, die zum gemeinschaftlichen Durchmesser den Kugeldurchmesser haben. Aus diesem Grunde wird die Gerade, welche die Durchschnittspunkte dieser Curve mit der Kreislinie der Sichel verbindet, d. h. mit einem Worte diejenige Linie, welche die beiden Hörner verbindet, offenbar ein Durchmesser des Mondes sein müssen. Da dieser Durchmesser aber in der Ebene liegt, welche die sichtbare Halbkugel von der uns abgewendeten trennt, d. h. in einer auf der Gesichtslinie senkrechten Ebene, so erscheint er uns in seiner wirklichen Größe. Die Beobachtung der Hörnerlinie gibt uns also stets das Mittel an die Hand, sowohl den Durchmesser des Mondes genau zu bestimmen, als auch die Lage seines Mittelpunktes.

Doch gehen wir weiter zur Bestimmung derjenigen Gestalt, unter welcher uns die Sichel an derjenigen Seite erscheinen muß, die dem kreisrunden Theile der Lichtgestalt gegenüberliegt.

Sieht man einen Kreis in schiefer Richtung, so erscheint er stets in Gestalt einer Ellipse; ein Halbkreis also in Gestalt einer Halbellipse.

Folglich muß der halbe Kreisumfang, der zur Trennungslinie von Licht und Schatten gehört, und auf der sichtbaren Halbkugel belegen ist, stets elliptisch erscheinen, weil er schief gesehen wird. Eine Ausnahme bildet einzig der Fall, wo das Auge in der Ebene dieses Kreises liegt, denn alsdann muß derselbe als gerade Linie erscheinen, und dies geschieht an demjenigen Tage, wo die vom Sonnenmittelpunkte zum Mondmittelpunkte gezogene Linie senkrecht auf der Linie vom Mondmittelpunkte zum Beobachtungsorte steht.

Vor dieser Zeit befand sich der Beobachter östlich von der Ebene, in welcher der halbe Kreisumfang oder die Trennungslinie zwischen Licht und Schatten liegt; deßhalb muß während dieser Periode der Halbkreis unter der Gestalt einer Ellipse erscheinen, deren Convexität nach Westen gerichtet ist. Dagegen wird nach dem Zeitpunkte, wo jener Halbkreis als gerade Linie gesehen wurde, während sich das Auge westlich von der die Lichtgränze enthaltenden Ebene befindet, die Halbellipse, als welche man denselben Halbkreis erblickt, ihre Convexität nach Osten gerichtet haben. An dem Tage endlich, wo die sichtbare Halbkugel mit der beleuchteten zusammenfällt, wird die der Trennungslinie von Licht und Schatten entsprechende Halbellipse in einen Kreis übergehen, und der Mond muß alsdann am Ost- und am Westrande gleichmäßig kreisrund erscheinen.

Um die Lichtgestalten des Mondes zu erklären, stellte Berosus, ein chaldäischer Astronom, der angeblich zur Zeit Alexander's lebte, die Behauptung auf, unser Trabant sei zur Hälfte feurig, und drehe sich dergestalt um sich selbst, daß er uns seine verschiedenen Theile nach und nach zuwendet[1]). Diese Ansicht ist um so befremdender, als schon Thales, der lange Zeit vor Berosus lebte, der Meinung gewesen war, der Mond werde von der Sonne beleuchtet; und auch Aristarch, der etwa mit jenem chaldäischen Astronomen gleichzeitig lebte, hatte nicht nur die wahre Erklärung der Lichtgestalten des Mondes gefunden, sondern darauf außerdem ein sehr sinnreiches Verfahren gegründet, das, wenigstens theoretisch betrachtet, geeignet ist zur Bestimmung der relativen Abstände des Mondes und der Sonne von der Erde. Dies Verfahren beruht auf der ganz richtigen Bemerkung, daß der vom Erdmittelpunkte zum Mondmittelpunkte geführte Radius in dem Augen-

blicke, wo die Gränze zwischen Licht und Schatten eine gerade Linie wird, nothwendiger Weise auf demjenigen Radius senkrecht steht, der die Mittelpunkte von Sonne und Mond verbindet. Nach Aristarch's Angabe tritt die Dichotomie ein, d. h. der Zustand, wo genau die Hälfte unseres Satelliten beleuchtet erscheint, sobald der Winkel an der Erde zwischen Mond und Sonne 87 Grade beträgt; in der That beträgt dieser Winkel jedoch 89 Grade 50 Minuten.

Aus der Auflösung des geradlinigen Dreiecks, in dessen drei Eckpunkten sich die Sonne, der Mond und die Erde befinden, leitet Aristarch unter der Annahme, die er über den Winkel an der Erde macht, das Resultat ab, daß die Entfernung unserer Erde von der Sonne die Entfernung des Mondes von der Erde 19 Mal übertrifft.

Diese Methode wurde noch von Keppler Denen besonders empfohlen, welche sich bei ihren Beobachtungen der Fernröhre bedienen konnten; sie wurde auch von Wendelinus auf Majorka und von Riccioli in Italien angewandt, führte jedoch nur zu irrigen Bestimmungen, besonders aus dem Grunde, weil es infolge der Unregelmäßigkeiten, welche die Mondberge an der Trennungslinie zwischen Licht und Schatten hervorrufen, unmöglich ist den Zeitpunkt genau anzugeben, wo diese Linie eine gerade ist[2]).

Bevor ich gegenwärtiges Kapitel schließe, darf ich an dieser Stelle die sehr scharfsinnige Beobachtung nicht unerwähnt lassen, welche wir Geminus verdanken, der etwa 70 Jahre vor Chr. Geb. lebte.

„Der Beweis,“ äußerte er, „daß der Mond sein Licht von der Sonne erhält, liegt in dem Umstande, daß die Senkrechte auf der Hörnerlinie stets nach der Sonne gerichtet ist.“

Aus den Schriftstellern nach Geminus' Zeit ersieht man, daß zu Anfange unserer Zeitrechnung die Theorie des Thales und des Aristarch nicht ohne Widerspruch herrschte; indessen gab doch Cleomenes zu, (obgleich er sehr irriger Weise behauptete, der Mondkörper sei weniger dicht, als unsere Wolken), daß der Mond nur vom Sonnenlichte erleuchtet werde.

Wie irrig die Erklärungsweise des Berosus war, mußte Jedem leicht ersichtlich sein, sobald man anfing den Mond mit Fernröhren und Spiegelteleskopen zu betrachten.

Damals erkannte man nämlich sogleich, daß die Trennungslinie zwischen Licht und Schatten nach und nach über verschiedene Punkte auf der Mondoberfläche hinstreicht, indem sie langsam von Westen nach Osten vorrückt; dieser Umstand steht in directem Widerspruche mit der Ansicht des chaldäischen Astronomen.

Wenn irgend Etwas in der Astronomie unwiderleglich und aufs Allerdeutlichste bewiesen ist, so ist dies die Abhängigkeit der Mondphasen vom Sonnenlichte. Und dennoch findet man in einer Schrift des Albergotti vom Jahre 1613, daß verschiedene unter seinen Zeitgenossen die oben vorgetragene Erklärungsweise der Lichtgestalten nicht zuließen, indem sie sich bei ihrem Widerspruche auf mehrere Bibelstellen beriefen, wie diejenige, wo vom Lichte des Mondes die Rede ist, Stellen die im allerwörtlichsten Sinne genommen, allenfalls so zu verstehen sind, daß der Mond eigenes Licht besitze.

Fünftes Kapitel.

Alter des Mondes.

Die Reihenfolge der wechselnden Gestalten, unter denen uns der Mond erscheint, umfaßt die Zeit eines Umlaufs dieses Gestirns in Bezug auf die Sonne, also 29,53 Tage.

Zu der Zeit, wo der Mond Morgens in den Sonnenstrahlen verschwindet, hat er die Gestalt einer sehr schmalen Sichel, deren convexe Seite nach Osten gekehrt ist. Tritt er dagegen Abends aus den Sonnenstrahlen hervor, so erscheint er gleichfalls als schmale Sichel, doch ist alsdann die convexe Seite nach Westen gekehrt. Bald nach der erstgenannten Zeit verschwindet der Mond, um erst in der zweiten wieder sichtbar zu werden.

Wir wollen in der Vorstellung den Mond während der drei oder vier Tage, in denen er unsichtbar ist, verfolgen: der Augenblick, welcher diese beiden Theile trennt, nämlich der Zeitpunkt des Verschwindens am Morgen und des Wiedererscheinens am Abend, wird derjenige Augenblick sein, in welchem der Mond genau zwischen Sonne und

Erde steht, und nur auf der uns unsichtbaren Hälfte erleuchtet ist. Dies ist der Zeitpunkt der Conjunction; dieser Augenblick ist demnach gleichzeitig das Ende der einen und der Beginn der nächstfolgenden Lunation. Steht der Mond gerade in Conjunction, so sagt man, es sei Neumond.

Es ist leicht einzusehen, daß man den Eintritt des Neumondes oder mit andern Worten den Anfang des Mondmonats nicht durch unmittelbare Beobachtung feststellen kann, ausgenommen den Fall, wo im Augenblicke der Conjunction selbst eine Verfinsterung eintritt und der Mond also vor der Sonne erscheint.

Der Zeitpunkt des Beginnes eines Mondmonats wird in den astronomischen Ephemeriden im Voraus angegeben; von diesem Augenblicke an rechnet man das Alter des Mondes. So sagt man, dem Sprachgebrauche zufolge, der Mond sei einen Tag alt, so lange man sich innerhalb der ersten vierundzwanzig Stunden nach Eintritt der Conjunction oder des Neumondes befindet.

In den folgenden vierundzwanzig Stunden sagt man, der Mond sei zwei Tage alt u. s. w.

Sechstes Kapitel.

Ueber die Monatsnamen im Sonnenjahre, die man den einzelnen Lunationen beilegt.

Es ist ziemlich allgemein Sitte, die verschiedenen Lunationen nach dem Namen der Monate zu benennen, in welche sie fallen, und also z. B. vom Märzmond, Aprilmond, Maimond u. s. w. zu reden; da nun aber Neu- oder Vollmonde bald zu Anfange, bald zu Ende der Sonnenmonate eintreten, so kann diese Art der Bezeichnung zu Ungewißheiten führen, wofern man nicht von einer bestimmten Erklärung darüber ausgeht.

Aus den Einzelheiten, die ich nachfolgend anführe, wird man ersehen, von wie haltlosen und willkürlichen Gründen diejenigen ausgehen, welche in jedem Jahre Wetten aufstellen über die Namen, mit

welchen die Monde in den einzelnen Monaten richtiger Weise zu benennen seien.

Am Ueblichsten ist es, den Mond nach demjenigen Monate zu nennen, in welchen sein Ende fällt.

An diese Regel haben sich die eigentlichen Chronologen stets gehalten, Clavius, Blondel in seiner Geschichte des römischen Kalenders, ferner die Verfasser der Art de vérifier les dates u. A.; die Astronomen hingegen, welche die Frage im Grunde wenig berührt, haben diese Regel nicht beachtet.

Man muß indessen zugeben, daß diese Bestimmung bisweilen zu höchst seltsamen Folgerungen führt. Denken wir uns z. B. den Fall, wo in einem bestimmten Jahre der Neumond in der Nacht vom 28. Februar zum 1. März einträte, vielleicht nur eine einzige Secunde nach Mitternacht. Sobald Mitternacht um das geringste Zeittheilchen vorüber ist, befinden wir uns im 1. März, und demnach müßte man also, der obigen Vorschrift zufolge, einen Mond, dessen ganzer Umlauf mit Ausschluß eines Bruchtheils einer Secunde in den letzten Januartagen und in den 28 Tagen des Februar vollbracht wurde, den Märzmond nennen. Zu ebenso seltsamen Folgerungen käme man übrigens auch, wenn man die Benennung des Mondes von demjenigen Monate entlehnen wollte, in welchen der Anfang fällt.

Vermuthlich hat folgende Bemerkung Veranlassung gegeben, das Ende der Lunation als Bestimmungsgrund gelten zu lassen. Nehmen wir beispielsweise das Jahr 1767; in jenem Jahre fiel der Beginn eines Mondes auf den 1. Januar und das Ende auf den 30.; dies war für Jedermann offenbar der Januarmond. Der nächstfolgende Mond mußte also der Februarmond sein; nun hat dieser aber am 30. Januar begonnen, und hätte man seinen Namen von demjenigen Monate, in welchen sein Anfang fiel, hergenommen, so wäre dies der zweite Januarmond gewesen, während er, wie erforderlich, dem Februar zugehörte, sobald man sich an das Ende der Lunation hielt.

Nimmt man aber die obige Bestimmungsweise an, d. h. diejenige, welcher Clavius, Blondel und die Verfasser der Art de vérifier les dates gefolgt sind, so findet man Monate, denen zwei Monde entsprechen, und wiederum Jahre, in welchen der Februar ohne Lunation bleibt.

Ich will von beiden Fällen Beispiele anführen. Ein Mond endet in der Nacht vom 31. December zum 1. Januar nahe um Mitternacht: dieser Mond ist der des Januar; der folgende Mondmonat, der in demselben Augenblicke beginnt, endet also noch vor dem 30. Januar, und demgemäß fallen in diesen Sonnenmonat zwei Mondmonate.

Als zweites Beispiel wollen wir jetzt annehmen, eine Lunation ende am 31. Januar nahe um Mitternacht; da die synodische Umlaufszeit unsers Trabanten im Mittel 29,53 Tage beträgt, so wird dieser Mond erst im März zu Ende gehen, und folglich gar kein Mond im Februar enden; es wird also auch, der obigen Feststellung gemäß, in diesem Falle kein Mond dem Februarmonat beigelegt werden können.

Außerdem übersehen aber diejenigen, welche hierüber Wetten anstellen, noch eine andere Schwierigkeit, die von dem Unterschiede der Meridiane herrührt. Nehmen wir an, ein Mond ende zu Rom eine Minute nach derjenigen Mitternacht, welche den 31. December vom 1. Januar trennt; dieser Mond wird für die Bewohner Roms der Januarmond heißen; aber zu Paris tritt die Mitternacht später ein, und der Mitternacht zu Rom entspricht zu Paris der Augenblick 11 Uhr 19 Minuten 26 Secunden des 31. December. Folglich wird der Mond, dessen Ende für Rom eine Minute nach Mitternacht eintrat, und der folglich Januarmond heißen muß, in Paris als Decembermond zu bezeichnen sein.

Aus diesem Beispiele mag man ersehen, zu welchen unnützen Verwirrungen jene Gewohnheit führen kann, die Monde nach den Monaten zu bezeichnen.

Die eigentliche Astronomie weiß Nichts von diesen Erörterungen, denn die Astronomen haben sich mit Recht niemals bemüht, weder Ende noch Anfang der Lunationen mit den Monaten des Sonnenjahres direct in Beziehung zu bringen.

In Bezug auf jene oben erwähnte pariser Wetten wiederhole ich zum Schluß, daß die Wissenschaft sich nicht um solche willkürliche Regeln und Vorschriften kümmert, die nur bei Kalenderschreibern und bei Laien Beachtung finden.

Siebentes Kapitel.

Güldene Zahl.

Nach dem bisher Vorgetragenen wissen wir bereits (4. Kapitel S. 301), daß die Lichtgestalten des Mondes von der synodischen Umlaufszeit dieses Gestirnes abhängen, also von der Zeit, welche der Mond braucht, um in seine Oppositionen oder Conjunctionen zurückzukehren.

Die Tage des Eintritts der Neu- und Vollmonde wurden im Alterthume mit gewissen religiösen Feierlichkeiten begangen. Die Neumonde hießen Neomenien; die öffentliche Verwaltung mußte also im Stande sein, schon längere Zeit im Voraus die Tage des Sonnenjahres angeben zu können, an welchen die Neomenien gefeiert werden sollten.

Außerdem gab es einen Orakelspruch, durch welchen den Griechen vorgeschrieben war, gewisse Feste an denselben Tagen des Sonnenjahres und bei denselben Lichtgestalten des Mondes zu feiern. Aus diesem Grunde mußte man also im Alterthume viel Werth auf die Entdeckung einer Periode legen, welche die Mondsphasen auf dieselben Tage im Sonnenjahre zurückführte. Diese Entdeckung machte Meton; sie wurde den zur Feier der olympischen Spiele versammelten Griechen mitgetheilt, im Jahre 433 vor Beginn unserer Zeitrechnung.

Wie uns die griechischen Schriftsteller berichten, wurde die Verkündigung dieser Entdeckung mit so großer Begeisterung vom Volke aufgenommen, daß man den Beschluß faßte, sie mit goldenen Buchstaben auf den öffentlichen Denkmälern zu verewigen. Daher der Name „güldene Zahl,“ mit der man diese Erfindung des Meton bezeichnet.

Die Bemerkung, die Meton zuerst gemacht hat, ist nun folgende. Eine bestimmte Lichtgestalt des Mondes kehrt zurück nach Ablauf von 29,53 Tagen, und dann nach dem Zweifachen, Dreifachen .... desselben Zeitintervalles. Meton fand, daß 19 Sonnenjahre fast genau 235 Lunationen enthielten; deßhalb kehren nach je 19 Jahren dieselben Mondphasen an denselben Jahrestagen zurück, d. h. an den gleich benannten Tagen des Sonnenjahres. Nach Ablauf dieser Periode

mußten also die Feste an denselben Daten gefeiert werden, so daß es hinreichte, diese Tage 19 Jahre hindurch aufgezeichnet zu haben, um sie für alle zukünftige Zeiten im Voraus zu kennen.

Achtes Kapitel.

Ueber das Wiedererscheinen des Mondes nach dem Neumonde.

Häufig hört man die Frage aufwerfen: Welches ist die kürzeste Zeit vor oder nach der Conjunction, wo der Mond mit bloßen Augen sichtbar ist? Die Antwort interessirt insbesondere die Mohamedaner.

Das Ende des Ramadanfastens wird in der That durch das erste Wiedererscheinen des Mondes bezeichnet; da Millionen von Menschen in der erwähnten Zeit auf diese Erscheinung aufmerksam sind, würden wir im Orient für unsere Breitengrade die genaueste Antwort auf die in der Aufschrift dieses Kapitels aufgestellte Frage zu erwarten haben. Doch möchte es kaum der Mühe werth sein, hierüber Untersuchungen anzustellen[3]).

Wie Hevel berichtet, sah Vespucius den Mond an einem und demselben Tage östlich und westlich von der Sonne. Hevel meinte, daß man den Mond in der Breite von Danzig nicht vor dem dritten Tage erblicke (vergl. Delambre's Hist. de l'Astr. moderne II. Bd. S. 440).

Neuntes Kapitel.

Entfernung des Mondes von der Erde.

Die Mikrometermessungen des scheinbaren Monddurchmessers (1. Kap. S. 297) haben uns die Verhältnisse der Entfernungen des Mondes von der Erde für jeden Tag eines Mondmonats ergeben; es liegt uns nun ob, diese Entfernungen in bekannten Einheiten, etwa in geographischen Meilen, auszudrücken.

A und B (Fig. 292) seien zwei Punkte, die wir uns zu größerer Einfachheit unter demselben Meridiane und in einem gegenseitigen Abstande gleich dem Aequatorialhalbmesser der Erdkugel vorstellen wollen.

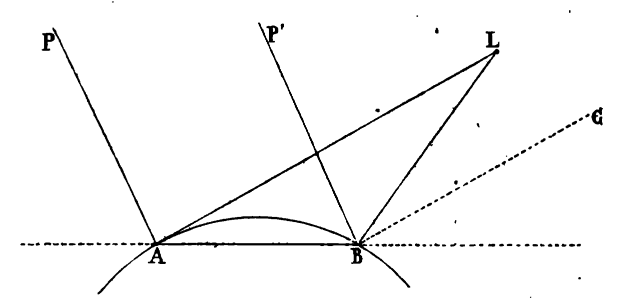


Fig. 292. — Bestimmung der Parallaxe des Mondes.

Von den Punkten A und B aus ziehen wir die Gesichtslinien AP und BP' nach dem Polarsterne P; diese Linien werden untereinander nahe parallel sein. An einem bestimmten Tage soll nun der Beobachter in A, im Augenblicke der Culmination des Mondes L die Größe des Winkels PAL bestimmen, während der Beobachter in B in demselben Momente den Winkel P'BL mißt. Es ist leicht einzusehen, daß wenn man von beiden Winkeln den Unterschied nimmt, das Resultat den Winkel am Monde ergibt, den die Linien LA und LB untereinander einschließen. Denken wir uns nämlich, nur zur Erleichterung des Beweises (denn diese Linie braucht keineswegs auf dem Instrumente, dessen sich der Beobachter in B bedient, gezogen zu sein), es sei durch den Punkt B eine Linie BC parallel mit AL gelegt; dann wird der Winkel PAL dem Winkel P'BC gleich sein, da die Schenkel beider einander der Voraussetzung zufolge parallel sind. Der Winkel LBC ist der Unterschied der Winkel P'BC und PBL oder, was dasselbe ist, der Unterschied der Winkel PAL und P'BL; aber der Winkel LBC ist gleich dem Winkel ALB als innerer Wechselwinkel (1. Buch, 9. Kap. S. 23); folglich muß der Winkel in L dem Unterschiede der in den Stationspunkten A und B beobachteten Winkel gleich sein.

So kann man nun alle Tage einer ganzen Lunation hindurch, durch Vergleichung der beiden Beobachtungen, die Größe des Winkels

ermitteln, der durch zwei Radien eingeschlossen ist, die vom Monde ausgehend, nach den Endpunkten der Grundlinie AB gezogen sind.

Wäre nun der Abstand des Mondes von der Erde unveränderlich, so würde der Winkel in L stets von derselben Größe sein; ist aber im Gegentheil dieser Abstand veränderlich, so muß der Winkel in L wachsen mit abnehmender Entfernung, und abnehmen, sobald diese Entfernung wächst. Im Mittelwerthe findet sich der Winkel L, durch eine einfache Proportion auf denjenigen Werth reducirt, der sich ergibt, wenn man AB in senkrechter Richtung sähe, d. h. bezogen auf denjenigen Fall, wo eine der Linien LA oder LB auf AB senkrecht stände, 57 Minuten groß. Jetzt bleibt nur noch zu ermitteln (für diesen Zweck besitzt man im Voraus berechnete Tafeln), in welcher Entfernung von einer Grundlinie AB man sich aufstellen muß, um dieselbe unter einem Winkel von 57 Bogenminuten zu sehen. Man findet dafür die Zahl 60. Da nun der Halbmesser AB 859 geogr. Meilen beträgt, so ergibt sich der mittlere Abstand des Mondes von der Erde in runder Zahl zu 51500 geogr. Meilen.

Das Verhältniß der Aenderungen in den Abständen AL für alle Tage einer Lunation ist genau dasselbe, welches sich aus den Mikrometermessungen der scheinbaren Mondsdurchmesser ergibt.

Den auf die soeben angegebene Weise bestimmten Winkel an L nennt man die M o n d p a r a l l a x e.

Man könnte auf den ersten Anblick meinen, einen ernsten Einwurf gegen die vorgetragene Methode zu erheben, indem man hervorhöbe, daß der Polarstern, mit welchem, unserer Annahme gemäß, der Mond die ganze Lunation hindurch täglich verglichen wurde, im Allgemeinen von beiden Beobachtungsörtern A und B aus nicht zugleich sichtbar sei. Aber angenommen auch, der Vergleichstern sei von B aus nicht wahrnehmbar, ist doch zu bemerken, daß in diesem Falle der Beobachter in B seine Beobachtungen unseres Satelliten auf einen andern Stern beziehen kann, dessen Ort in Bezug auf den Polarstern unsere Sternverzeichnisse bereits enthalten; dann lassen sich die in B angestellten Beobachtungen mittelst einer einfachen Addition auf den Polarstern reduciren, und zwar mit demselben Grade von Genauigkeit, als wenn man diesen Stern vom Beobachtungsorte aus direct beobachtet hätte.

Außerdem ist nicht zu übersehen, daß wenn beide Stationen A und B nicht auf demselben Meridiane belegen wären, sich die Winkel PAL und P'BL dadurch untereinander vergleichbar machen ließen, daß man dem Mondorte einen positiven oder negativen Proportionaltheil hinzufügte, der einfach von der Anzahl von Zeitminuten abhinge, um welche die beiden Beobachtungszeiten auseinander lägen. Schließlich bemerke ich noch, daß wenn die Grundlinie AB, oder die Gerade, welche die Stationsörter verbindet, größer oder kleiner wäre, als der Halbmesser der Erdkugel, eine einfache Proportion ausreichen würde, um die Resultate auf diesen bestimmten Fall zu reduciren.

Die vorgetragene Methode, den Winkel A seiner Größe nach zu bestimmen, ist nicht etwa einfach für den Zweck der Erklärung ersonnen, sondern man bedient sich dieses Verfahrens wirklich bei Bestimmung der Parallaxe unsers Satelliten; so thaten es z. B. Lalande und Lacaille im Jahre 1752, wo der eine Beobachter sich in Berlin, der andere am Kap der Guten Hoffnung befand, und wo beide Astronomen aus gleichzeitigen Messungen den Werth des Winkels L bestimmten.

Als wir im 20. Buche (S. 281) mittelst derselben Beobachtungsweise die Sonnenparallaxe suchten, fanden wir dieselbe nur 8″6 groß, so daß ein Fehler von einer einzigen Secunde im Resultate für die Entfernung der Sonne von der Erde schon einen Unterschied von etwa $^1/_8$, d. h. von fast 3 Millionen Meilen hervorbrächte. Dagegen beträgt bei 57 Minuten eine einzige Secunde nur den 3420. Theil, mithin etwa 15 geogr. Meilen.

Da der Erdhalbmesser vom Monde aus gesehen, in der mittleren Entfernung 57′ groß erscheint, so muß der Durchmesser doppelt so groß, also 1° 54′ groß erscheinen; dies wäre zugleich die scheinbare Größe unserer Erdkugel, wenn dieselbe in die Entfernung des Mondes versetzt würde. In derselben Entfernung erscheint uns dagegen der Durchmesser unsers Satelliten, wie wir aus Mikrometermessungen wissen, etwa 32′ groß.

In gleicher Entfernung verhalten sich die wirklichen Durchmesser wie die Winkel, unter welchen die Gegenstände erscheinen, solange wenigstens als diese Winkel eine gewisse Größe nicht überschreiten; demnach steht der wirkliche Durchmesser der Erde zu dem wirklichen Durch-

messer des Mondes im Verhältnisse von 114 zu 32, oder in runden Zahlen wie 4 zu 1. Wir entnehmen also aus dem Vorhergehenden, daß der Durchmesser der Erde den des Mondes nahe vier Mal an Größe übertrifft; letzterer beträgt nicht mehr als 454 geogr. Meilen.

Die Oberflächen der Kugeln stehen im Verhältnisse der Quadrate der Halbmesser oder der Durchmesser, und der körperliche Inhalt im Verhältnisse der Cuben dieser Halbmesser oder Durchmesser; woraus also folgt, daß die Oberfläche der Erde sechzehn Mal größer ist, als die des Mondes, und daß diese beiden Himmelskörper ihrem körperlichen Inhalte nach im Verhältnisse von 64 zu 1 stehen. Zu diesen Resultaten kommen wir, wenn wir uns für das Verhältniß der Halbmesser an runde Zahlen halten; nähme man dagegen die genauen Werthe dafür, so würde sich das Verhältniß der Oberflächen ergeben wie 13 zu 1, und das Verhältniß des Inhalts wie 49 zu 1.

Es bleibt uns nun zu untersuchen übrig, welche Wirkung die Mondparallaxe äußern muß, wenn man dies Gestirn zu verschiedenen Zeiten zwischen Aufgang und Meridiandurchgang beobachtet.

Infolge der Umdrehungsbewegung des Himmels soll, nehmen wir an, der Mond am Osthorizonte in seinem Aufgangspunkte stehen; untersuchen wir, in welchen scheinbaren Positionen irgend ein Punkt des Mondes, z. B. sein Mittelpunkt, von zwei Stationen aus erscheinen muß, gesehen vom Erdmittelpunkte aus, und von einem Punkte der Oberfläche der Erde.

Im Augenblicke des Aufgangs, wenn der Mond im Horizonte des Ortes O steht (Fig. 293, S. 317), sieht ein Beobachter an diesem Punkte der Erde den Mondmittelpunkt bei dem Sterne E, der auf der Richtung der Tangente OL befindlich ist. Einem in C befindlichen Beobachter wird der Mittelpunkt unsers Satelliten, bezogen auf einen Punkt des Sternhimmels, bei einem Sterne e in der Richtung CL erscheinen; wobei der Winkel CLO, oder die Mondparallaxe, wie wir bereits gesehen haben, 57 Minuten beträgt.

Derjenige Stern, welchen der Mondmittelpunkt für den Beobachter in O bedeckte, würde niedriger stehen als der Stern, vor welchem der Beobachter in C denselben Mittelpunkt erblicken würde, und zwar um den Winkel CLO, dessen Werth 57 Minuten ist. Dieser Winkel

ist es, den man die Horizontalparallare nennt, d. h. der Winkel, unter welchem der Erdhalbmesser, in senkrechter Richtung gesehen, erscheint.

Die Parallare wirkt also stets in dem Sinne, daß dadurch der Mond in der Verticalebene, welche durch den Beobachtungsort, das Gestirn und den Mittelpunkt der Erde bestimmt ist, herabgedrückt wird.

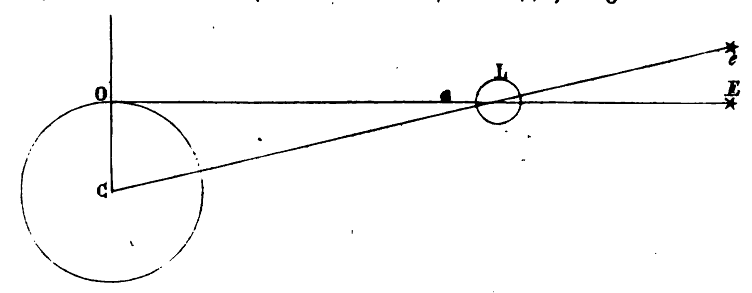


Fig. 293. — Wirkung der Mondparallare.

Je mehr sich nun der Mond über dem Horizonte erhebt, um so mehr erscheint der Erdhalbmesser von C nach O in schräger Richtung; folglich wird der Winkel OLC fortwährend abnehmen, dessenungeachtet aber stets in der durch die Linien LO und LC bestimmten Ebene enthalten bleiben.

Wäre es an dem Erdorte, den der Astronom einnimmt, möglich, den Durchgang des Mondes durch das Zenith zu beobachten, so ist klar, daß die Wirkung der Mondparallare im Augenblicke dieses Durchganges vollständig verschwinden müßte, weil der Halbmesser OC von irgend einem Punkte der Verlängerung dieser Linie OC aus unter keinem Winkel gesehen werden kann.

In allem Nachfolgenden werden wir uns dieser drei Ergebnisse zu erinnern haben:

1. Infolge der Parallare sieht man den Mond niedriger, als er vom Mittelpunkte der Erde aus erscheinen würde.

2. Diese scheinbare Verschiebung findet stets in derjenigen Verticalebene statt, welche zugleich den Mond und den Beobachtungsort enthält.

3. Diese Verschiebung ist um so geringer, je höher der Mond über dem Horizonte steht.

Zehntes Kapitel.

Umdrehung des Mondes um seine Axe. — Libration. — Elemente der Mondbewegung.

Berosus, dessen Ansichten über die Lichtgestalten des Mondes (4. Kap. S. 305) unsere Aufmerksamkeit so wenig auf sich zu ziehen vermögen, behauptete nichtsdestoweniger, daß dies Gestirn eine Rotation um seine Axe besitze, deren Dauer dem Umlaufe um die Erde gleich sei.

Simplicius erwähnt es ausdrücklich, daß uns der Mond fortwährend dieselbe Seite zuwendet, und gründet darauf den Schluß, daß er sich nicht um sich selbst dreht. Zu diesem ganz unzulässigen Schlusse ward Simplicius dadurch geführt, daß er gemeinschaftlich mit den übrigen Astronomen seiner Zeit annahm, der Mond werde von der Krystallsphäre, an welcher er angeheftet ist, herumgeführt. Allerdings ist nicht zu läugnen, daß der Mond in Bezug auf die körperlichen Theilchen dieser angeblichen Sphäre keine Umdrehung besitzt, aber im Raume war seine Rotationsbewegung aus dem Grunde einleuchtend, weil ein außerhalb der beschriebenen Bahn befindlicher Beobachter nach und nach den Mond von allen Seiten erblicken müßte.

Ist die Zeitdauer, welche der Mond zu einer Umdrehung um sich selbst bedarf, genau derjenigen Dauer gleich, in welcher er seinen Umlauf um die Erde vollbringt, so muß uns der Mond stets dieselbe Seite zuwenden; besteht dagegen die geringste Verschiedenheit zwischen diesen beiden Zeitdauern, so müssen wir im Verlaufe der Zeit nothwendig auch die gegenwärtig unsichtbare Mondhälfte erblicken.

Betrüge selbst der Unterschied zwischen den sichtbaren Hälften von einer Lunation zur andern nur einen Bruchtheil einer Bogensecunde, so müßte dennoch, im Laufe der Jahrhunderte, aus der Anhäufung der Bruchtheile eine merkliche Wirkung entstehen. Man kann nun aber, den Thatsachen gemäß, behaupten, daß die Zeitdauern der Rotation und des Umlaufs bei unserm Satelliten untereinander vollkommen gleich sind, und daß wir heutigen Tages noch genau dieselbe Seite der Mondoberfläche erblicken, welche unsere ältesten Vorfahren vor 2000 Jahren sahen. Noch heutzutage vereinigen sich zur Zeit des Vollmondes die

dunkeln und die hellern Theile der Mondfläche zu dem etwas unbestimmten Bilde eines menschlichen Gesichtes, mit zwei Augen, mit Nase und Mund: dieselbe Bemerkung hatte man schon in sehr alter Zeit gemacht.

Plutarch führt einen Dichter Agesianax an[4]), der das Gesicht im Monde etwa folgendermaaßen in Versen beschrieben hatte*):

Herrlich glänzet der Mond von feurigen Strahlen umgeben;
Aber ein Jünglingsaug' erscheint in der Mitte der Scheibe,
Blauer als Saphir, und eine Stirn, mit lieblicher Röthe
Prangend — —

Man erkennt hieraus, daß die heutigen Tages sichtbare Mondseite noch dieselbe ist, von welcher der Dichter in der Stelle bei Plutarch spricht.

Da uns der Mond bei seinem Umlaufe um die Erde stets dieselbe Seite zuwendet, so folgt daraus mit Nothwendigkeit, daß der Mond sich genau in derselben Zeit, in welcher er seinen Umlauf um unsere Erde vollbringt, sich einmal um seine Axe dreht. Es ist schwer zu begreifen, wie man über diesen Schluß jemals hat zweifelhaft sein können, wie unterrichtete Männer bisweilen nicht augenblicklich eingesehen haben, daß wenn sich der Mond nicht um seinen Mittelpunkt drehte, wenn er während seiner Umlaufsbewegung nicht zugleich einer rotirenden Bewegung gehorchte, sondern stets sich selbst parallel bliebe, die uns zugewendete Mondseite nach jedem Halbumlaufe nothwendig die entgegengesetzte von der zuerst erblickten sein müßte.

Sobald man zugibt, daß sich die Mondkugel um ihre eigene Axe dreht, sind an ihrer Oberfläche die Pole der Umdrehung zu unterscheiden, d. h. diejenigen Punkte, wo die Axe, um welche die Rotation stattfindet, die Oberfläche treffen. Außerdem bietet sich der Aequator

---

*) Im Französischen heißt die Stelle nach der Uebersetzung Amyot's:

De feu luisant elle est environnée
Tout à l'entour; la face illuminée
D'une pucelle apparoist au milieu,
De qui l'oeil semble être plus vert que bleu,
La joue un peu de rouge colorée.

bar, d. h. diejenige Ebene, welche durch den Mondmittelpunkt geht, und auf der Linie durch die Pole senkrecht steht.

Denkt man sich durch den Mittelpunkt C des Mondes (Fig. 294) die Ebene des Mondäquators OBO'A gelegt, ferner die Ebene der Mondbahn LBL'A und eine Ebene parallel der Ekliptik EBE'A, so haben diese drei Ebenen einen gemeinschaftlichen Durchschnitt BCA, wenigstens wenn man absieht von den periodischen Ungleichheiten, welche die Knoten und die Neigung der Mondbahn gegen die Ekliptik erleiden. Die der Ekliptik parallele Ebene macht mit dem Mondäquator einen Winkel EAO von 1° 28′ 45″, und mit der Ebene der Mondbahn einen Winkel LAE von 5° 8′ 48″.

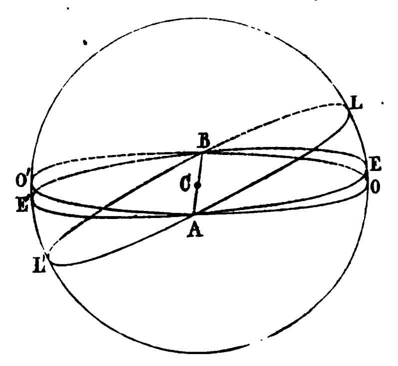


Fig. 294. — Winkel der Mondbahn und des Mondäquators mit der Ekliptik.

Aus diesen Winkeln entstehen die Erscheinungen der wirklichen Libration des Mondes; es gibt aber außer dieser noch eine andere Art von Libration, welche man die optische nennen kann, und infolge welcher alle dem Rande nahe gelegenen Mondflecken sich bald dem Rande nähern und verschwinden, bald in die sichtbare Mondscheibe zurückkehren. Die Ursachen dieser scheinbaren Librationen sind leicht zu begreifen. Dem Mittelpunkte der Erde zeigt der Mond stets dieselbe Scheibe; unsere Beobachtungen aber stellen wir von der Oberfläche der Erde aus an. Wegen der verhältnißmäßig kleinen Entfernung des Mondes von der Erde ist jede von einem Punkte der Erdoberfläche nach dem Mondmittelpunkte gezogene Linie mehr oder weniger von derjenigen Geraden verschieden, welche die Mittelpunkte beider Himmelskörper verbindet. Senkrecht auf diese Linien muß man durch den Mittelpunkt des Mondes die Ebenen legen, welche in beiden Lagen die scheinbaren Umrisse bestimmen.

Es folgt hieraus, daß diese beiden Umrisse oder Gränzlinien der Sichtbarkeit mehr oder weniger auseinanderfallen werden, je nach der

Größe des Winkels, den die zwei vom Mittelpunkte und von einem Punkte auf der Oberfläche der Erde geführten Linien miteinander einschließen.

Da diese Winkel sich mit der Höhe des Gestirns über dem Horizonte ändern, so läßt sich dadurch ein Theil der Aenderungen erklären, die man in der Stellung der Flecken gegen den Mondrand beobachtet.

Die Umdrehungsaxe unseres Satelliten steht nicht senkrecht auf der Ebene der Ekliptik, auch fällt die Mondbahn nicht mit dieser Ebene zusammen; aus diesen beiden Umständen erklärt sich das successive Verschwinden der beiden Umdrehungspole des Mondes, und folglich auch die Veränderung der Lage, welche sich in der Stellung der diesen beiden Punkten benachbarten Flecken zeigt.

Endlich müßte, damit die Flecken eine unveränderte Lage gegen den Mondrand behielten, eine mathematisch strenge Gleichheit bestehen zwischen der Umlaufsbewegung unsers Mondes und seiner Rotationsbewegung; man muß hierbei aber bedenken, daß in jener Bewegung periodische Ungleichheiten bestehen, die man unter dem Namen Störungen begreift, und an denen die Rotationsbewegung nicht merklich Theil nimmt.

Die Ursachen der optischen Libration haben schon Galilei und Hevel erkannt und deutlich beschrieben; die Thatsache aber, daß die Knoten der Mondbahn mit den Knoten des Mondäquators zusammenfallen, ist eine Entdeckung von J. Dominic Cassini; es ist dieser Umstand der merkwürdigste bei der ganzen Erscheinung.

Wenn ich sage der merkwürdigste Umstand bei der ganzen Erscheinung, so will ich damit besonders hervorheben, daß es überraschend ist, zwei verschiedene Bewegungen, wie die der Knoten der Mondbahn und der Knoten des Mondäquators, die man zunächst für ganz unabhängig voneinander halten sollte, mathematisch genau übereinstimmen zu sehen. Diese Uebereinstimmung, zugleich mit der Gleichheit der Umlaufs- und Umdrehungsbewegung, haben, analytisch aufgefaßt, Lagrange zu den seltsamsten Folgerungen über die physische Constitution des Mondes geführt.

Gewisse vorgebliche Geschichtschreiber der Astronomie, welche den nothwendigen Unterschied zwischen den Erscheinungen der optischen

und der wirklichen Libration nicht klar vor Augen hatten, haben mit Beeinträchtigung des Verdienstes des älteren Cassini, über diesen Gegenstand unglaublich unrichtig berichtet.

Faßt man die Thatsachen übersichtlich zusammen, so sind in der Mondbewegung vier verschiedene Umläufe zu betrachten; wir haben nämlich:

1. Die synodische Umlaufszeit, in welcher der Mond in Conjunction mit der Sonne zurückkehrt; sie beträgt 29 Tage 12 Stund. 44 Min. 2,9 Sec.

2. Die siderische Umlaufszeit, welche den Mond zu demselben Sterne zurückführt; ihre Dauer ist 27 Tage 7 St. 43 Min. 11,5 Sec.

3. Die tropische Umlaufszeit, in welcher der Mond, seiner mittleren Bewegung nach, zu derselben Länge bezüglich des beweglichen Aequinoctiums zurückkehrt; diese beträgt 27 Tage 7 Stund. 43 Min. 4,7 Sec.

4. Die anomalistische Umlaufszeit, in welcher der Mond zu demselben Punkte in seiner Ellipse zurückkommt; die Dauer derselben ist 27 Tage 13 Stund. 18 Min. 37,4 Sec.

Die mittlere Bewegung des Mondes in 100 julianischen Jahren oder in 36525 Tagen beträgt 1336 Sideral-Umläufe und 307 Grade 52 Min. 41,6 Sec.

Um den Ort des Mondes im Raume festzulegen und seine Bahn der Lage nach zu bestimmen, füge ich noch hinzu, daß die mittlere Länge am 1. Januar 1801, mittlere Zeit zu Paris, 118° 17′ 8″3 war.

Die Länge des Perigäums war zu dieser Zeit 266° 10′ 7″5.

Die des aufsteigenden Knotens 13° 53′ 17″7.

Bemerkt wurde schon im Vorhergehenden, daß die Neigung der Mondbahn gegen die Ekliptik 5° 8′ 47″9 ist, daß die Excentricität 0,0548442 beträgt, und daß der körperliche Inhalt des Mondes 1/49 vom Inhalte unserer Erdkugel ist.

Nimmt man endlich als Einheit die Entfernung der Erde von der Sonne, so wird der Abstand des Mondes von der Erde ausgedrückt durch 0,0025.

Elftes Kapitel.

Mondberge.

Die ersten richtigen Vorstellungen über die physische Constitution des Mondes haben wir Galilei's Beobachtungen zu verdanken; obschon die Alten, welche hierin nur ihrer Phantasie folgen konnten, es an Conjecturen, und zwar an meist grundlosen Vermuthungen nicht haben fehlen lassen.

Wie Diogenes Laertius berichtet, behauptete schon Anaxagoras, daß auf dem Monde Berge, Thäler und Bewohner vorhanden seien.

Ferner wird in alten Versen, die man dem Orpheus zuschreibt, behauptet, daß auf dem Monde ansehnliche Städte vorhanden seien; ja sogar von Palästen ist die Rede.

Wenn Achilles Tatius, der 300 Jahre vor Beginn unserer Zeitrechnung lebte, Glauben verdient, so hatten Philosophen vor seiner Zeit sich den Mond als ein Bruchstück von der Sonne vorgestellt; Andere dagegen sahen ihn an als aus irdischen Ausdünstungen entstanden, oder als ein System von Spiegeln, welche das Licht unter verschiedenen Winkeln zu uns zurückwerfen. Auch die Meinung, daß der nemäische Löwe ursprünglich auf dem Monde gelebt habe, und von dort auf die Erde gefallen sei, hatte ihre Anhänger.

Klearch, ein Zeitgenosse und Schüler des Aristoteles, behauptete, nach Plutarch's Angabe[5]), daß der Mond „an Politur und Glanz der schönste und klarste Spiegel auf der Welt sei.“ Ihm schreibt Plutarch auch die Behauptung zu, „daß die Bilder und Gestalten des großen Weltmeeres in ihm wie in einem Spiegel erschienen.“

Dies mag genügen als Beispiel von den Träumereien, welchen man sich über die Beschaffenheit des Mondes hingab; wir ziehen es vor, uns den teleskopischen Beobachtungen zuzuwenden, welche Galilei zuerst angestellt hat[6]).

Schon im Jahre 1610 bemerkte dieser große Philosoph Erscheinungen auf dem Monde, welche sich nur durch die Annahme erklären ließen, daß dort neben außerordentlich hohen Bergen auch unermeßliche Vertiefungen vorhanden seien, welche letztere sich meist kreisförmig zeigten, mit tief unter der allgemeinen Mondoberfläche gelegenen Gründen.

Doch begnügte sich Galilei nicht mit dieser allgemeinen Ansicht; indem er vielmehr die Grundsätze einer strengen Geometrie auf die Messung der Berghöhen anwandte, und die Tiefen der Höhlungen ermittelte. Seine Resultate kamen zwar den blinden Anhängern des Aristoteles höchst ungelegen, haben aber durch die Beobachtungen späterer Zeit volle Bestätigung gefunden.

Wie Galilei fand, sind die isolirten, leuchtenden Punkte, die man häufig auf der Nachtseite des Mondes nahe am Lichtrande wahrnimmt, bisweilen um den zwanzigsten Theil des Durchmessers der Scheibe von diesem Rande entfernt; aus dieser Angabe erhält man für die Mondberge eine Höhe von nahezu 8800 Meter.

Hevel, der sich mit außerordentlichem Eifer und mit seltener Beharrlichkeit selenographischen Arbeiten hingab, verkleinerte die angegebene Gränze bis auf ein Sechsundzwanzigstel; somit erreichen die ansehnlichsten Berge auf dem Monde, dem danziger Astronomen zufolge, etwas mehr als 5200 Meter.

Riccioli dagegen widersprach der von Hevel angenommenen Verkleinerung; er ging vielmehr noch über Galilei's Bestimmungen hinaus; wie Keill berechnet, ergaben Riccioli's Beobachtungen für den Berg der heiligen Catharine mehr als 14000 Meter[7]). So stand diese Frage noch im Jahre 1780, als Herschel sich damit zu beschäftigen begann.

Zunächst ersetzte Herschel die Methode, deren sich Hevel bedient hatte, und die nur zweimal in jedem Monate genau richtig war (nämlich an den Tagen der ersten und zweiten Quadratur), durch ein strenges Rechnungsverfahren; dann begann er seine Messungen der Mondberge mittelst eines siebenfüßigen Spiegelteleskops. Galilei, Riccioli und Andere hatten allzuviel Vertrauen in bloße Schätzungen gesetzt, und waren in ziemlich große Irrthümer gefallen; Herschel aber hielt von seinen Bestimmungen jedwede Schätzung fern, und maß mikrometrisch alle Entfernungen, aus denen die Höhen berechnet werden sollten. Von dem Hevel'schen Verfahren, wie es von Herschel vervollkommnet wurde, wird man durch Folgendes eine Vorstellung erlangen.

Wären auf dem Monde durchaus keine Unebenheiten des Bodens vorhanden, könnte er folglich als eine vollkommen glatte Kugel ange-

sehen werden, so müßte die Trennungslinie zwischen Schatten und Licht, von der Erde aus gesehen, in mathematischer Strenge stets eine Ellipse oder eine gerade Linie sein. Dies ist jedoch keineswegs der Fall; denn man erkennt, abgetrennt von der stetigen Linie, welche man unbedenklich für die Gränzscheide zwischen Licht und Schatten oder für die Gränzlinie der Lichtgestalt annehmen muß, noch einzelne isolirte Lichtpunkte. Der Ursprung dieser hellen Punkte ist nicht schwer nachzuweisen. Diejenigen Sonnenstrahlen, welche nur wenig höher treffen als die, welche die Lichtgestalt begränzten, Strahlen also, welche sich anderenfalls im Raume verloren hätten, werden in ihrem Laufe aufgehalten durch Bergspitzen, die im Wege dieser Strahlen sich etwas über das allgemeine Niveau der Mondgegend erheben, über welche die Lichtgränze hinwegzieht. Diese Berggipfel werden gewissermaßen schon beleuchtet, bevor noch die Reihe an sie gekommen ist, da die ganze Landschaft zwischen dem Fuße dieser Berge und einem der Phasenränder noch in Dunkel gehüllt liegt.

Wird nun der dunkle Zwischenraum zwischen diesen lichten Punkten und dem nächstbelegenen Lichtrande gemessen, so erhält man die Höhenbestimmung. Zu demselben Resultate gelangt man indessen auch durch Messung der Schattenlänge, und bei Bestimmung der Tiefe einer Höhlung ist diese Methode der Schattenlängen sogar die einzige, deren man sich bedienen kann. Dieses Verfahrens haben sich die Herren Beer und Mädler bei Herstellung ihrer schönen, später zu besprechenden Mondkarte bedient.

Am Tage des ersten oder letzten Viertels wollen wir eine Ebene durch den Mondmittelpunkt und den Sonnenstrahl legen, der einen jener isolirten, in einigem Abstande von der geradlinigen Lichtgränze befindlichen Gipfel beleuchtet. Es möge ADEF in Fig. 295, S. 326 den Durchschnitt der Mondkugel mit dieser Ebene vorstellen. Der Sonnenstrahl, durch welchen die äußerste Gränze der beleuchteten Mondgegend bestimmt wird, muß in A diesen Kreis berühren; und derjenige Strahl, welcher den isolirten Punkt B erhellt, ist als die mathematische Verlängerung des Strahls SA anzusehen, wenn S die Stellung der Sonne bezeichnet.

Im Dreieck BAC ist der Winkel A ein rechter, weil die Tangente an einem Kreise stets auf dem Halbmesser im Berührungspunkte senkrecht steht. Der Halbmesser AC ist der Mondhalbmesser, und die Länge BA läßt sich immer in Theilen desselben Mikrometers finden, dessen man sich zur Bestimmung von AC bedient hat. Da nun das Dreieck BAC in A rechtwinklig ist, muß das Quadrat der Hypotenuse BC gleich der Summe der Quadrate von AB und AC sein. Hat man mittelst dieses Satzes die Länge von BC gefunden, so ergibt eine bloße Subtraction die Höhe BD.

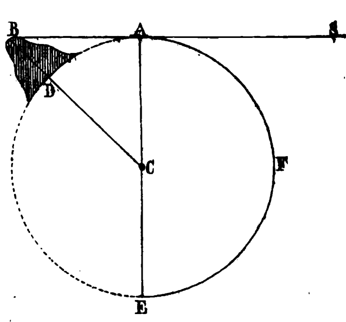


Fig. 295. — Bestimmung der Höhe eines Mondberges.

Hierbei ist jedoch zu bemerken, daß diese Rechnung BD in Theilen des Mikrometers gibt, das zur Bestimmung des Monddurchmessers, also der Länge CA gedient hat.

Kennt man aber CA oder den Mondhalbmesser in Metern oder Meilen, so läßt sich durch eine einfache Proportion auch DB in Metern oder Meilen finden, d. h. die Höhe des Punktes B über der Kreisperipherie, welche C zum Mittelpunkte und CA zum Halbmesser hat, mit einem Worte die Höhe von B über der Niveaulinie des Punktes A.

Würde hingegen dieselbe Reihe von Beobachtungen und Rechnungen zu einer andern Zeit, als der von uns gewählten, angestellt, zu einer Zeit nämlich, wo man AB nicht in senkrechter Richtung erblickt, so müßte man die Linie AB noch außerdem durch Rechnung auf diejenige Größe zurückführen, unter welcher sie dem Beobachter in senkrechter Stellung erscheinen würde, damit das Dreieck BAC als ein rechtwinkliges anzusehen wäre. Durch diese Modification erhält die Methode allgemeine Gültigkeit für alle Fälle.

Ich wende mich jetzt zur Aufzählung der auf diese Weise erlangten Resultate; um sich unter den anzuführenden Mondflecken zu orientiren, wird man sich an die später folgenden Mittheilungen über die Topographie des Mondes (im 20. Kapitel) und an die beigegebene Mondkarte (Fig. 296, S. 336) zu halten haben.

Die größte Höhe, welche Herschel auf dem Monde fand, besitzt der Berg Sacer; sie beträgt 2800 Meter. Zwei andere Messungen, die des Berges Sinope und eines andern Berges im südöstlichen Theile der Scheibe, ergaben etwa 2400 Meter. Alle andern Höhen waren merklich geringer.

Aus seinen Beobachtungen folgerte Herschel, daß die Höhe der Mondberge im Allgemeinen, bis auf wenige Ausnahmen, 800 Meter nicht übersteigt; aber die neueren selenographischen Untersuchungen stehen damit im Widerspruche. Dies läßt sich unschwer beweisen. Zuvörderst aber gestatte man mir die Bemerkung, daß die etwas gewagte Folgerung Herschel's durchaus abweicht von der Neigung zum Außerordentlichen und Gigantischen, der man, ohne wirklichen Grund, diesen gefeierten Astronomen beschuldigt hat, als wäre diese Neigung ein charakteristischer Zug seines Geistes gewesen.

In der Beer- und Mädler'schen Höhentabelle finden sich unter 1095 gemessenen Höhen von Mondbergen, sechs über 5800 Meter und zweiundzwanzig über 4800 (4813 ist nach S. 168 dieses Bds. die Höhe des Montblanc über dem Meere). Folgendes sind einige der bedeutendsten Höhen auf der Mondoberfläche:

Dörfel	7603 Meter.	Calippus . . .	6216 Meter.
Newton	7264 „	Tycho	6151 „
Casatus	6956 „	Huyghens . . .	5550 „
Curtius	6769 „		

Newton, Casatus, Calippus und Tycho sind ringförmige Krater. Die angeführten Zahlen gelten für die Höhen bestimmter Punkte des Randes über dem Niveau der innern Höhlung; damit ist jedoch keineswegs behauptet, daß das Niveau dieser Höhlen nicht möglicherweise beträchtlich unter dem allgemeinen Niveau des Mondes läge. Man kann deßhalb die außerordentlich großen Höhen, welche den obigen Bergnamen hinzugefügt sind, mit denen auf unserer Erde nur dann vergleichen, wenn man diejenigen Restrictionen macht, welche durch vorstehende Bemerkung bedingt sind. Ich füge also sogleich hinzu, daß der Bergkegel im Gebirge Dörfel in der Nähe des Mondsüdpols belegen ist, und daß sich seine Höhe auf die benachbarten Ebenen bezieht; daß ferner der zu einer benachbarten Kette gehörige

Leibniz gleichfalls ein Pic ist, und daß seine Erhebung, die wiederum nur in Bezug auf die umliegenden Ebenen gilt, vermuthlich die Höhe des Dörfel übertrifft; die Größe dieses Ueberschusses ließ sich dagegen, infolge der ungünstigen Lage dieses Berges in der Nähe des Mondrandes, nicht genau ermitteln. Endlich füge ich noch hinzu, daß Huyghens ein dritter Pic im Apenninengebirge ist. Hierdurch erhalten die älteren Angaben über die Höhen der Mondberge ihre Bestätigung.

Durch die wichtige Arbeit von Beer und Mädler ist das außerordentliche Verdienst des danziger Astronomen von Neuem recht ans Licht getreten; es ist nämlich merkwürdig, daß man, infolge der großen Genauigkeit jenes Astronomen, die Höhen der Mondberge viel früher gekannt hat, als die Höhen der Berge auf unserer Erde.

Beim ersten Blicke, den man auf die Oberfläche des Mondes wirft, wird man dergestalt überrascht von der vorherrschenden kreisförmigen Gestalt der Thäler, daß fast Jedermann sogleich an Krater erinnert wird.

Das, was unsere vulkanischen Gebiete so besonders charakterisirt, tritt uns auf dem Monde überall unverkennbar entgegen. Man braucht nur die Karten dieses Gestirns zu vergleichen mit den Darstellungen gewisser Punkte auf der Erdfläche, z. B. des Vesuvs, der phlegräischen Felder in der Auvergne u. s. w., um diese Aehnlichkeit sogleich zu bemerken. Isolirte Bergkegel, wie sich solche im Innern der Mondkrater zeigen, z. B. im Mittelpunkte des Tycho, trifft man gleichfalls auf unserer Erde an.

Die große Anzahl dieser kreisrunden Vertiefungen, mit denen die ganze Mondhälfte übersäet ist, und ihre auffällige Regelmäßigkeit setzten Keppler so in Erstaunen, daß er auf die Vorstellung kam, diese kraterförmigen Höhlen seien von den Mondbewohnern gegraben worden; er glaubte diese Vertiefungen für absichtlich gegrabene Zufluchtsörter halten zu müssen, in welche sich die Seleniten vor der 15 volle Tage ununterbrochen andauernden Einwirkung der Sonne zurückziehen. Der Schatten der Wände muß im Grunde dieser Höhlen in der That einen leichten und sicheren Schutz gewähren.

Hätte jedoch Keppler die wahren Durchmesser mehrerer dieser

Krater gekannt, so würde er diese bizarre Vorstellung vermuthlich aufgegeben haben; so hat z. B., was er nicht wußte, Ptolemäus einen Durchmesser von etwa 22 geogr. Meilen, Kopernikus von 11 geogr. Meilen; ferner hat Tycho etwa 10 geogr. Meilen im Durchmesser, dergestalt daß in diesem letzteren Krater allein der Chimborazo, der Montblanc und der Pic von Teneriffa zusammen Platz fänden.

Mit dieser Kenntniß des Details würde Keppler die Höhlungen auf der Mondoberfläche für eine allzu gigantische Arbeit gehalten haben, selbst wenn er damals schon gewußt hätte, wie es uns heutzutage bekannt ist, daß auf dem Monde jeder Körper sechs Mal weniger wiegt, als auf der Erde.

Schröter hat seine Beobachtungen über die Ringgebirge auf der ganzen Mondoberfläche einer sehr ausführlichen Discussion unterzogen. Er findet, daß der innere Boden dieser Ringsysteme nicht nur bedeutend unter dem runden, umlaufenden Walle belegen ist, sondern auch unterhalb der Niveaufläche, auf der sich die Wälle erheben. Er hat ferner untersucht, ob das Volumen der Höhlung, der eigentlich sogenannte Krater, wohl dem körperlichen Inhalte des ihn umgebenden Kreiswalles, sowie er auf der allgemeinen Niveaufläche des Mondes aufgesetzt ist, nahe gleich wäre. Folgendes sind die Hauptergebnisse, auf die Schröter hierbei geführt wurde:

Krater Reinhold.

Volumen des Kraters 74

Volumen des Walles 56

Unterschied . . . . $1/4$.

Krater Theaetetus.

Volumen des Kraters . . . . . $12\,3/4$

Volumen des Walles . . . . . $10\,1/4$

Unterschied . . . . etwa $1/5$

Krater Manilius.

Volumen des Kraters 15

Volumen des Walles . . . . . $14\,1/2$

Unterschied . . . . $1/28$.

Ein kleiner Krater östlich von Thebit und von Purbach.

Volumen des Kraters 15

Volumen des Walles . . . . . $14\,3/4$

Unterschied . . . . $1/60$.

Hieraus folgerte Schröter, daß der Krater von innen heraus aufgeworfen wurde, und daß eine einzige Eruption die Masse herausschleuderte, welche jetzt den Ringwall bildet. Wo dagegen die Eruptionen nacheinander mehrfach auftraten, wurde möglicherweise das Verhältniß des Volumen zwischen der Höhlung des Kraters und dem Walle, gestört; so ist z. B. in Euler die Höhlung etwa doppelt so groß, als die Masse seines Walles; doch glaubt Schröter auch, daß an manchen Stellen Unebenheiten infolge von Einstürzen entstanden, denn bisweilen trifft man unregelmäßige Einsenkungen, denen kein auf dem umliegenden Boden sich erhebender Wall entspricht.

Nach der Ansicht des lilienthaler Astronomen würden die kleinen Krater jüngeren Ursprungs sein, als die großen; ja er vermuthet sogar während seiner Beobachtungen im Innern des Ringgebirges Hevel vom Entstehen neuer Krater Augenzeuge gewesen zu sein.

Der Krater Tycho zeichnet sich vor allen übrigen durch gewisse Erscheinungen aus, die ihn ganz besonders charakterisiren.

Glänzende Streifen gehen nämlich von den Rändern seiner Kreisgestalt, wie von einem gemeinschaftlichen Mittelpunkte aus, und erstrecken sich in verschiedener Länge zum Theil sehr beträchtlich weit.

Diese Furchen sind ebenso glänzend, als die Ränder und der Mittelpunkt des Kraters; man muß sie sich also aus demselben Stoffe bestehend denken.

Da es aber aus verschiedenen Gründen nicht angeht, diese langen, hellen Streifen etwa durch Lavaströme zu erklären, so wird man genöthigt anzunehmen, es seien zur Zeit der Entstehung des Tycho gewisse Stoffe aus dem Innern des Mondes hervorgeschleudert worden.

Es wären dies also, wollte man diesen Vergleich gestatten, Reihen erratischer Blöcke, die beim Niederfallen auf die Mondoberfläche jene fortlaufenden Linien bildeten.

Freilich stehen einer solchen Erklärung gewichtige Einwürfe entgegen, besonders die große Länge dieser hellen Streifen, obgleich die vulkanische Eruptionskraft größere Wirkungen auf dem Monde hervorbringen muß, wegen des fast vollständigen Mangels einer Atmosphäre, und weil die Schwere an der Oberfläche unseres Mondes beträchtlich geringer ist.

Vermuthlich ist ein englischer Beobachter, Nasmyth, der Wahrheit näher gekommen; er vergleicht das Ansehen des Kraters Tycho und der divergirenden, von seinen Rändern ausgehenden Strahlen, mit den sternförmig auslaufenden Sprüngen, die man häufig an Glasscheiben findet, wenn sie durch einen kleinen Stein oder auch durch eine Flintenkugel durchbohrt wurden.

Dieser Ansicht zufolge hätte die von innen heraus wirkende Propulsionskraft des Mondes, der man die Bildung des Tycho zuschreiben kann, auf der festen, benachbarten Mondfläche diese divergirenden Streifen hervorgebracht, durch welche alsdann die innere, stark lichtreflectirende Masse, analog derjenigen Masse, aus welcher die Wände und der Grund des Kraters bestehen, zu Tage hervortrat.

Die Herren Beer und Mädler sind bei ihrer Beschäftigung mit diesem Gegenstande zu der keineswegs allzu kühnen Meinung gekommen, daß die hellen Streifen von Veränderungen in der Natur der Oberfläche herrühren, die von denselben Ursachen, wie die Erhebungen der Krater, hervorgebracht wurden.

Alles, was uns über die Art des Entstehens des Mondreliefs aufklären kann, verdient unser Interesse in hohem Grade.

An einigen Stellen ist man im Stande gewesen, deutliche Spuren von Lagerung und Schichtenbildung zu erkennen.

So führt Schröter an, daß er in den großen Höhlungen, wie im Clavius, Scheiner, Arzachel, Agrippa, besonders im Kopernikus, Spuren von verschiedenen horizontal übereinander liegenden Schichten wahrgenommen habe.

Auch Sir John Herschel berichtet, daß er mit Hülfe sehr starker Fernröhre im Stande gewesen sei, bisweilen Abtheilungen zu erkennen, wie sie auf unserer Erde die nach und nach übereinander abgelagerten vulkanischen Massen zeigen.

Um zu erklären, wie es kommt, daß unser Satellit bei seinem Umlaufe um die Erde uns fortwährend dieselbe Seite zuwendet, hat man annehmen müssen, daß sich der Mond in derselben Zeit, welche er zu seinem Umlaufe um die Erde gebraucht, um seine eigene Axe dreht (10. Kap. S. 321). Als eine nothwendige Folge dieser Rotationsbewegung muß das Mondellipsoid in der Richtung der Linie, welche

die Mittelpunkte beider Gestirne verbindet, verlängert sein. Diese übrigens sehr kleine Verlängerung hat man für eine Wirkung der ununterbrochenen Anziehung der Erde auf den damals noch nicht vollkommen erstarrten Mond gehalten, und aus diesem Grunde haben sich einige Kosmologen mit der Frage beschäftigt, ob nicht dieselbe Anziehung Einiges zum Entstehen der Unebenheiten und Höhlungen auf unserem Monde könne beigetragen haben. Das Resultat dieser Nachforschung ist entschieden negativ ausgefallen.

Man kann hierauf, ohne zur Theorie seine Zuflucht zu nehmen, etwa Folgendes antworten.

Durch unmittelbare Beobachtung läßt sich nachweisen, ohne irgend welche Rücksicht auf die Erscheinungen der Bewegung, daß alle Körper an der Mondoberfläche ebenso wie die irdischen Körper an der Oberfläche unseres Planeten, ein gewisses Gewicht haben, und daß eine materielle Masse, von der Mondoberfläche erhoben, in der Richtung nach dem Mittelpunkte fallen würde. In Hooke's Mikrographie vom Jahre 1667 finde ich hierfür folgenden Beweis, der wohl angeführt zu werden verdient:

„Trotz aller Unebenheiten auf der Oberfläche des Mondes bemerkt man doch an keiner Stelle überhängende Theile, wie dies nothwendig der Fall sein müßte, wäre die Materie auf unserem Satelliten nicht schwer. Diejenigen Theile, welche sich möglicherweise ursprünglich außerhalb der Verticallinie befunden haben, sind infolge der lange einwirkenden Schwere des Mondes herabgefallen."

Betrachten wir jetzt insbesondere die Gegend im Mittelpunkte der scheinbaren Mondscheibe; dort müssen die materiellen Theilchen in einer und derselben Linie, aber nach entgegengesetzten Richtungen vom Monde und von der Erde angezogen werden. Am Rande der Scheibe wird dagegen die Anziehung, welche der Mond dort auf die Materie übt, nahe senkrecht stehen auf der Anziehung, welche die Erde auf dieselben materiellen Theile ausübt. Hiernach scheint es unmöglich, daß die combinirten Wirkungen dieser verschiedenen Anziehungen in der Mitte und in den Randgegenden dieselben sein können; hätte die Erde sogleich anfänglich bei der Bildung der Unebenheiten auf dem Monde mitge-

wirkt, so müßten Rand und Mitte verschieden beschaffen sein, was durchaus nicht der Fall ist.

Beim Entstehen des Mondreliefs hat also keine dem Monde fremde, äußere Kraft mitgewirkt.

Zwölftes Kapitel.

Von den Rillen.

Ich werde jetzt Einiges mittheilen über besondere Vorkommnisse in gewissen Mondregionen, von denen man bisher noch keine genügende Erklärung aufzustellen gewußt hat. Es sind dies die sogenannten Rillen.

Mit diesem Namen belegt man sehr schmale und ziemlich lange Streifen, die entweder in gerader Linie oder schwach gekrümmt, zwischen parallelen und sehr steilen Rändern fortlaufen. An den Rändern der Rillen bemerkt man keine merkliche Hervorragung des von ihnen durchlaufenen Bodens; häufig durchsetzen sie Krater, bisweilen aber enden sie auch an deren Rändern. Zwei solche Rillen erblickt man im Innern der runden Vertiefungen des Posidonius und Petavius, woselbst sie nicht bis an die Ränder reichen. Nur in den höchsten Bergketten scheinen die Rillen nicht vorzukommen.

In der Mehrzahl liegen die Rillen gänzlich isolirt, nur in seltenen Fällen laufen sie wie Adern zusammen oder durchkreuzen einander; in der Breite bleiben sie meist in ihrem ganzen Verlaufe ungeändert oder die Aenderungen der Breite sind äußerst unbeträchtlich; verbreitern sie sich, so geschieht dies stets gegen das Ende hin.

An mehreren Stellen des Mondes nehmen die Verbreiterungen der Rillen häufig die Gestalt länglicher Krater an.

Die Länge der Rillen schwankt zwischen 2 und 25 geogr. Meilen; niemals erreichen sie eine größere Breite als 1600 Meter, meist sind sie sogar erheblich schmäler. Der Punkt, wo sie enden, läßt sich nicht leicht erkennen.

Zur Zeit des Vollmondes erscheinen die Rillen als weiße Linien; außerhalb dieser Zeit sieht man sie schwarz, weil alsdann einer der Ränder seinen Schatten in den Grund der Vertiefung wirft.

Diese merkwürdigen Erscheinungen auf der Mondoberfläche waren den Beobachtungen Hevel's, Joh. Dom. Cassini's, de la Hire's, Mayer's und sogar Herschel's entgangen; erst Schröter entdeckte sie im Jahre 1788. Dieser Astronom entdeckte deren zunächst nur zwei; andere nahmen Pastorff, Gruithuisen und Lohrmann wahr; die meisten aber haben erst Beer und Mädler entdeckt, bei Gelegenheit der Bearbeitung ihrer schönen Karte des Mondes.

Die Zahl der von Schröter, Pastorff, Gruithuisen erkannten Rillen beläuft sich kaum auf zwanzig; Beer und Mädler haben 70 neue hinzu gefunden.

Man war der Meinung, aus Beobachtungen nachweisen zu können, daß die Rillen späteren Ursprungs sind, als die großen Krater. Es ist z. B. erwiesen, daß die den Hyginus durchziehende Rille in diesen Krater mit Durchbrechung seiner Wand eingedrungen ist.

Es kann die Frage aufgeworfen werden, ob diese Rillen alte, ausgetrocknete Strombetten seien?

Beer und Mädler, welche die Frage sich in dieser Weise stellten, haben sie verneinend beantwortet; sie stützen sich dabei hauptsächlich auf die Verengung der Rillen gegen ihr Ende hin, und auf ihre beträchtliche Tiefe; insbesondere halten sie es für unwahrscheinlich, daß, wenn jemals Wasser auf dem Monde vorhanden gewesen ist, dasselbe bei einem sechs Mal geringeren Gewichte als auf unserer Erde, im Stande gewesen sei, Flußbetten von 400 bis 600 Meter Tiefe zu bilden.

Fontenelle erzählt (im zweiten Abend seiner Unterredungen), Dom. Cassini habe auf dem Monde „Etwas aufgefunden, das sich in zwei Theile spaltet, dann wieder vereinigt, und zuletzt in eine Art Brunnen endet. Wir dürfen uns wohl mit Grund schmeicheln, fährt er fort, daß dies ein Fluß sei[8]).“

Vermuthlich bezog sich diese Beobachtung Cassini's auf eine der hier besprochenen Erscheinungen auf der Mondkugel, denen man den Namen Rillen gegeben hat.

Dreizehntes Kapitel.

Gruithuisen's Festungswerke auf dem Monde.

Im Jahre 1821 glaubte der münchener Professor Gruithuisen, an einer Stelle in der Nähe des Mittelpunktes der Mondscheibe, eine Reihe paralleler Wälle entdeckt zu haben, die von andern Wällen senkrecht durchschnitten werden; das Ganze schien ihm ein Befestigungswerk, das die Mondbewohner aufgeführt hätten.

Durch die späteren Beobachtungen von Lohrmann sowie von Beer und Mädler wissen wir indessen, daß die Gegend, in welcher Gruithuisen Arbeiten selenitischer Architekten zu erkennen geglaubt hatte, nur mit natürlichen Formationen bedeckt ist, die sich von denen in den übrigen Theilen unseres Satelliten nicht unterscheiden.

Vierzehntes Kapitel.

Aussehen der Randgegenden der Mondscheibe.

Häufig hört man die Frage, woher es komme, daß während der Mond doch mit so hohen Bergen bedeckt ist, der Rand seiner Scheibe so glatt erscheint und keine Auszackungen zeigt.

Zunächst muß ich bemerken, daß diese Thatsache nicht streng richtig ist, und daß häufig der äußere Rand stark gezackt erscheint; nur sind diese Hervorragungen in der That kleiner als man vermuthen sollte, aus einem Grunde, den schon Galilei ausgesprochen hat.

Die hart am Rande liegenden Berge würden, wenn sie allein vorhanden wären, sehr beträchtliche Hervorragungen bedingen; aber die der Mitte etwas näher belegenen Berge müssen uns im Allgemeinen auf den Hervorragungen jener projicirt erscheinen; so daß dadurch Vorsprünge am Rande entstehen, welche nicht von den absoluten Höhen selbst, sondern nur vom Unterschiede dieser Höhen über denen der Berge zweiten Ranges herrühren.

Funfzehntes Kapitel.

Ob in der Mondwelt noch Veränderungen eintreten, oder ob sie sozusagen eine abgeschlossene, vollendete Welt ist?

Zum Beweise wie vorsichtig man sein muß in der Annahme, die festen Stoffe auf der Mondoberfläche könnten etwa noch gegenwärtig Gestaltänderungen erleiden, will ich hier eine Beobachtung von Olbers anführen.

Am 5. Januar 1794 bemerkte Olbers im Mare Crisium, zwischen den Flecken Auzout und Picard, zwei kleine Krater, die nicht auf Schröter's Karten angegeben waren. Er zeigte dies jenem Astronomen an, und nun ergab sich, daß an demselben 5. Januar Schröter dieselbe Mondgegend mit sehr mächtigen Fernröhren betrachtet hatte, ohne die beiden Kratere wahrzunehmen. Am 6. Januar, nachdem er die Nachricht erhalten hatte, war der Erfolg nicht besser; auch am 17. dasselbe negative Ergebniß. Endlich am 6. März erkannte er den größern der beiden Krater vollkommen deutlich (Phil. Trans. 1795, S. 154—155).

Einen Gegenstand zu einer bestimmten Zeit nicht wahrgenommen zu haben, beweist durchaus nicht, daß derselbe damals nicht vorhanden gewesen; die Art der Beleuchtung, und selbst die Neigungswinkel, unter denen die Winkel eines Kraters oder die Abhänge eines Berges sich für verschiedene, nahe beieinander gelegene Punkte unserer Erde zeigen; diese Umstände haben sämmtlich bei dieser Gattung von Beobachtungen allzu großen Einfluß, als daß man negativen Beobachtungen hier vertrauen dürfte.

Ich füge zum Schlusse noch hinzu, daß Beer und Mädler auf der Mondoberfläche niemals dergleichen Veränderungen wahrgenommen haben, wie sie von Cassini, Schröter, Gruithuisen angeblich bemerkt worden waren; beide Astronomen sind dagegen der Meinung, daß alle diese angeblichen Beobachtungen auf Täuschungen beruhen, und einfach durch Verschiedenheiten in der Beleuchtung der Gegenstände zu erklären seien.

Sechzehntes Kapitel.

Von Ausschnitten in Wallgebirgen und von picförmigen Gipfeln.

Bei einer Beobachtung des Mondes mit einem Campani'schen Fernrohre von etwa 110 Fuß Brennweite, bemerkte Bianchini am 16. August 1725 eine merkwürdige Erscheinung, die recht geeignet ist nachzuweisen, daß ähnliche Bildungen, wie man sie in gebirgigen Gegenden bisweilen auf unserer Erde antrifft, auch auf dem Monde vorhanden sind.

Der Boden des kraterförmigen Fleckens Plato erschien fast vollkommen schwarz, indem er im Schatten der verticalen Mauer lag, die seinen Rand bildet. Aber auf dieser Bodenfläche im Grunde war ein einzelner Punkt in der Nähe der Gränzen des kreisrunden Umfanges auf derjenigen Seite, von welcher die Sonnenstrahlen kamen, hell erleuchtet, und von diesem Punkte aus verbreitete sich ein mattes, zerstreutes Licht bis zum gegenüberliegenden Rande[9]).

Eine natürliche Erklärung dieser Erscheinung bietet die Annahme, daß das Sonnenlicht durch eine unten breite, nach oben hin verengte Bresche im Wallrande in den Flecken einfiel.

Schon im Vorhergehenden war von picförmigen Bergen die Rede (11. Kap. S. 328); der, welcher im Mittelpunkte der kraterförmigen Vertiefung des Tycho belegen ist, besitzt eine Höhe von etwa 5000 Meter

Der Bergkegel im Mittelpunkte des Fleckens Eratosthenes erhebt sich sogar bis auf 4800 Meter über die Grundfläche des Kraters.

Siebzehntes Kapitel.

Welche Erfolge man von Anwendung der stärksten Vergrößerungen für das Studium der physischen Constitution des Mondes erwarten kann.

Der Erdhalbmesser oder 798 geographische Meilen wird vom Monde aus unter einem Winkel von 57′ gesehen (9. Kap. S. 314): sagen wir aber zu größerer Einfachheit in runder Zahl 1° oder 60′ oder 3600″:

Daraus folgt, daß

2″2 auf dem Monde etwa $1/_2$ geogr. Meile entsprechen,
1″1 etwa 2000 Meter,
0″1 nahezu 200 Meter,
0″01 nahe 20 Meter oder 60 Fuß.

Ferner wollen wir, wie Versuche gelehrt haben, 60″ als äußerste Gränze für die Sichtbarkeit eines runden oder viereckigen Gegenstandes annehmen.

Aus 1″ werden bei 60facher Vergrößerung 60″; man wird deßhalb ein Quadrat, dessen Seiten 2000 Meter lang sind, bei 60facher Vergrößerung erkennen können; ebenso einen Kreis von 2000 Metern Durchmesser.

Eine 600fache Vergrößerung wird dagegen schon zehn Mal kleinere Gegenstände, als eine 60fache wahrnehmen lassen; demnach wird man mit 600facher Vergrößerung Quadrate von 200 Metern Seite und Kreise von ebenso großem Durchmesser erkennen.

Ferner würde eine 6000fache Vergrößerung runde oder viereckige Gegenstände von 20 Meter Seite schon wahrzunehmen gestatten.

Ein langgestreckter Gegenstand wird dagegen wahrnehmbar, wenn er seitwärts einen Winkel von 6″ oder $1/_{10}$ Bogenminute einschließt; dergestalt daß man unter Anwendung einer 6000fachen Vergrößerung einen 6 Fuß breiten Gegenstand von sehr beträchtlicher Länge schon zu erkennen im Stande wäre, also etwa ein Festungswerk oder einen Eisenbahndamm und andere ähnliche Gegenstände.

Die mittlere Entfernung des Mondes von der Erde beträgt in runder Zahl 50000 geograph. Meilen.

Bedient man sich also einer 1000fachen Vergrößerung, so ist es als beobachtete man den Mond mit bloßem Auge aus einer Entfernung von 50 Meilen.

2000fache Vergrößerung nähert den Mond bis auf etwa 25 Meilen,

4000fache Vergrößerung bis auf $12^1/_2$ Meilen,

6000fache Vergrößerung etwa bis auf 8 Meilen.

Von Lyon aus erkennt man mit unbewaffnetem Auge den Montblanc, der fast 20 Meilen entfernt ist.

Hiernach würden sich die Mondberge bei Anwendung einer 2500-fachen Vergrößerung etwa so zeigen, wie der Montblanc zu Lyon erscheint.

Beim Anblicke dieser rechnenden Vergleichung wird man vermuthlich fragen, weßhalb man so starke Vergrößerungen, als die oben besprochenen nicht bereits zur Beobachtung des Mondes angewandt habe; die Antwort ergibt sich indessen von selbst.

Das Licht des Mondes ist nämlich nicht hinreichend hell und stark für die Abschwächung, die bei so außerordentlich starken Vergrößerungen eintritt.

Erst dann, wenn es einst gelingen wird Teleskopspiegel oder Objectivgläser herzustellen, welche sehr viel Licht in ihrem Brennpunkte vereinigen, wird der Weg zu den angekündigten Resultaten geöffnet sein, die ich oben aus Rechnungen herleitete, gegen deren Grundlage Nichts einzuwenden ist.

Bei dem heutigen Stande der Dinge ist man hingegen gezwungen, nur mäßige Vergrößerungen bei Beobachtung des Mondes zu verwenden; denn sobald man darüber hinausgeht, verliert man infolge der alsdann eintretenden Abschwächung des Lichtes mehr, als man andererseits durch Vergrößerung der Gesichtswinkel der Objecte gewinnt.

Die Anwendung einer parallactischen Aufstellung mit Uhrwerk wird dann auch unbedingt nothwendig; denn unmöglich kann man brauchbare Beobachtungen anstellen, wenn jedes Object, jeder Flecken nur während einer oder zweier Zeitsecunden im Gesichtsfelde sichtbar bleibt.

Aus den vorstehenden Rechnungen wird man entnehmen können, was von jener Behauptung des berühmten Robert Hooke zu halten sei, der angeblich im Stande war Fernröhre zu construiren, mit welchen man auf dem Monde Bewohner von der Größe der Erdbewohner erkennen könnte.

Achtzehntes Kapitel.

Ob Wasser auf dem Monde vorhanden sei?

Diejenigen Astronomen, welche sich am Frühesten mit Abbildung der von der Erde aus sichtbaren Mondkugel beschäftigten, haben mit dem Namen Meere gewisse graugrüne Stellen bezeichnet, auf welchen man damals keine bedeutenden Unebenheiten erkannte; späterhin aber, als man die Mondfläche mit starken Fernröhren untersuchte, hat man diese Bezeichnung als ungeeignet erkannt. Die Widerlegung der früheren Ansicht stützt sich darauf, daß die großen, grauen Ebenen selbst wieder kleine Krater enthalten, denjenigen analog, die fast auf der ganzen Mondoberfläche verbreitet sind. Ob aber dieser Umstand vollkommen beweisend ist, kann in Frage gestellt werden; man kann nämlich zweifelhaft sein, ob sich diese Krater nicht etwa auf der Bodenfläche von tiefen oder flachen Seen befinden, und, wie manche Beobachter meinten, dennoch mit einer sehr durchsichtigen, flüssigen Masse bedeckt sind. Um diesen Zweifel wenigstens für die dem Rande sehr nahe belegenen grauen Flecken zu lösen, bietet sich in der That ein Mittel dar, das uns die Theorie der Lichtpolarisation gewährt (14. Buch, 6. Kap. S. 87).

Diejenigen Strahlen nämlich, durch welche wir den Grund eines dem Mondrande sehr benachbarten Sees erblicken würden, müßten beim Austritte die Oberfläche der Flüssigkeit unter einem äußerst spitzen Winkel verlassen haben, und würden durch Brechung polarisirt sein. Beim Durchgange durch ein Stück Bergkrystall, das bei passender Dicke senkrecht auf die Axe geschnitten ist, würde dies Licht dergestalt modificirt sein, daß es sich in einem mit einem doppeltbrechenden Prisma versehenen Fernrohre in zwei complementär gefärbte Strahlenbüschel auflösen müßte; so viel mir bekannt ist, zeigt sich nun aber am Rande des Vollmondes keine Färbung, folglich kommt das Licht, das uns die grauen Flecken zusenden, nicht aus dem Grunde eines Sees hervor. Soll diese Beobachtung aber eine die Frage vollständig entscheidende sein, so muß das mit dem Prisma versehene Fernrohr starke Vergrößerungen besitzen, damit man durch dasselbe sehr kleine Winkel erkennen kann, denn die Färbung wird man nur auf einem sehr kleinen Raume,

vom Mondrande aus gerechnet, erwarten dürfen. Man wird sich sogar vorher durch einen auf der Erde ausführbaren Versuch davon überzeugen müssen, daß eine runzelige Oberfläche, wie die Oberfläche unsers Satelliten vorherrschend ist, niemals in merklichem Grade das Licht, das sie uns zusendet, durch Brechung polarisirt, kurz daß dieser Körper sich nicht wie ein gut polirtes Milchglas verhält; entgegengesetzten Falles würde nämlich das Vorhandensein einer schwachen Färbung an einigen Punkten des Randes noch nicht beweisen, daß die Lichtstrahlen, die uns diese Punkte senden, durch eine flüssige Masse hindurchgegangen sind.

Wäre es übrigens mit mathematischer Gewißheit bewiesen, daß der Mond keine Atmosphäre besitzt, so würde aus dieser Thatsache in aller Strenge zu folgern sein, daß keine Wassermassen vorhanden seien, denn diese Flüssigkeit verdunstet im leeren Raume, und würde den Mond alsbald mit einer Dunsthülle umgeben haben.

Neunzehntes Kapitel.

Ob der Mond von einer Atmosphäre umgeben sei?

Ueber keine Frage ist mehr und mit größerer Lebhaftigkeit gestritten worden, als über die Existenz einer Atmosphäre um den Mond; denn es kann nicht zweifelhaft sein, daß die Antwort darauf zugleich die Entscheidung über die andere Frage enthält, ob unser Satellit möglicherweise von lebenden Wesen bewohnt wird, deren Organisation einige Aehnlichkeit mit der von Menschen und Thieren besitzt, die unsere Erde bevölkern.

Ist in der That eine Atmosphäre um den Mond vorhanden, so steht zunächst fest, daß in derselben niemals Wolken entstehen; denn jedes Mal, wo der Zustand der Erdatmosphäre uns gestattet, unsern Satelliten zu betrachten, erblickt man ihn ganz und erkennt Alles bis in die feinsten Details; niemals verdecken Mondwolken irgend einen Theil seiner Oberfläche.

Einige Systematiker sind auf den Gedanken gekommen, daß die

Atmosphäre der uns sichtbaren Mondhälfte während der vierzehntägigen, ununterbrochenen Einwirkung der Sonne auf diese Hälfte, sich vollständig auf die abgewendete Halbkugel begibt, und auf diese Weise Erscheinungen hervorruft, denen ähnlich, welche wir auf unserer Erde beobachten.

Dagegen kann man erwidern, daß eine ähnliche Erscheinung auch während der vierzehn Tage eintreten müßte, während welcher die uns unsichtbare Halbkugel allein beleuchtet ist; daß nämlich die Atmosphäre dieser zweiten Halbkugel nun ihrerseits in die der Erde zugewandte übergehen müßte. Da man aber in dem aschgrauen Lichte, von welchem späterhin die Rede sein wird, alle Einzelheiten auf dem Monde mit Leichtigkeit erkennt, so ist das Unzulässige dieser Hypothese erwiesen.

Eines der vorzüglichsten Mittel, um diese Frage zur Entscheidung zu bringen, bieten vielleicht die Sternbedeckungen dar.

Nehmen wir, um von einem ganz bestimmten Falle auszugehen, an, daß, nachdem ein Stern an irgend einem Punkte des Mondrandes eingetreten ist, sein Austritt am gegenüberliegenden Endpunkte des durch den Eintrittspunkt gelegten Durchmessers stattfinde. Vorausgesetzt der Lichtstrahl gehe in gerader Linie unmittelbar am Mondrande vorüber, so muß die Dauer der Bedeckung des Sternes genau der Zeit gleich sein, welche der Mond gebraucht, um am Himmel eine seinem Durchmesser gleiche Strecke zu durchlaufen; dieses Zeitintervall läßt sich ohne Schwierigkeit mit großer Genauigkeit bestimmen, ohne daß irgend eine Voraussetzung in Betreff der untersuchten Frage erforderlich wäre. Man kann also nicht entgegnen, daß hierbei ein fehlerhafter Schluß im Kreise gemacht werde. Nimmt man dagegen an, daß die vom Sterne ausgehenden und in unser Auge gelangenden Strahlen auf ihrem Wege eine den Mond umgebende Atmosphäre durchschritten haben, deren Dichtigkeit abnimmt mit zunehmender Höhe, wie dies bei der Erdatmosphäre der Fall ist, so muß der Lichtstrahl bei seinem Durchgange durch die Mondatmosphäre eine krumme Linie beschreiben, deren Concavität der Mondoberfläche zugewandt ist. Infolge dieser Beugung des Strahls müßte folglich der Stern, nachdem er schon hinter den Rand des Mondes getreten, noch in Berührung mit dem Rande gesehen werden; die Erscheinung wäre genau dieselbe, als wenn

wir die Sonne noch erblicken zu einer Zeit, wo sie in der Wirklichkeit bereits untergegangen ist. Im Augenblicke des Austritts dagegen müßte der Stern schon sichtbar werden, noch bevor er wirklich die den Mondrand im Punkte des Austritts berührende Ebene erreicht hätte.

Die beim Eintritte und beim Austritte des Sterns erlittenen Refractionen würden also beiderseits den Einfluß üben, die Zeitdauer der Bedeckung zu verkürzen; nun hat man diese Dauer aber oftmals mit derjenigen verglichen, welche die Rechnung unter der Annahme ergab, daß keine derartige Refraction vorhanden sei, und beide Resultate, das berechnete und das beobachtete, stimmten immer vollständig überein; man hätte bei Anwendung dieses Verfahrens eine Refraction schon bemerken müssen, wenn sie nur 2 Bogensecunden betragen hätte, d. h. eine so geringe Refraction, wie sie die kleine Luftmenge schon hervorbringen würde, die unter der Glocke unserer besten Luftpumpen zurückbleibt [10]).

Nur ein Uebelstand haftet unserer Methode an; sie setzt nämlich den Winkeldurchmesser des Mondes als äußerst genau bekannt voraus.

Folgende Beobachtung, die Leonhard Euler gemacht hat, gehört hierher.

Im Jahre 1748 beobachtete nämlich Euler zu Berlin die verschiedenen Phasen einer ringförmigen Sonnenfinsterniß, aber nicht direct, sondern indem er die Bilder beider Himmelskörper auf einem Papierschirme auffing.

Dabei glaubte dieser große Mathematiker zu bemerken, daß in dem Augenblicke, wo der dunkele Mondrand sich dem Sonnenrande näherte, letzterer gewissermaßen zurückgedrängt wurde; Euler folgerte daraus, daß die Sonnenstrahlen eine Brechung von 20 bis 25 Bogensecunden erlitten hätten.

Indessen hat eine derartige, so zu sagen nur mit bloßen Augen angestellte Beobachtung offenbar nur einen geringen Werth neben andern, bei directem Beobachten gemachten Wahrnehmungen auf dem Monde, bei welchem durchaus Nichts von dieser durch Euler beschriebenen Erscheinung gesehen wurde. Jene Bemerkung beweist also nicht das Vorhandensein einer beträchtlichen Atmosphäre um den Mond; das Einzige, was man etwa daraus folgern könnte, wäre, daß Je-

mand der größte Analytiker seines Jahrhunderts, und dennoch ein mittelmäßiger Beobachter sein kann.

Das Vorhandensein einer den Mond umgebenden Atmosphäre ließe sich heutzutage durch ein sehr einfaches und durchaus einwurfsfreies Experiment erweisen, und zwar mit Anwendung von Fernröhren mit doppelten Bildern, gleichviel ob man dabei die heliometrische Einrichtung oder ein Rochon'sches Prisma anwendet. Angenommen es stehe eine Bedeckung zweier Sterne durch den Mond bevor, und man habe hinreichend lange vor dem Zeitpunkte dieses Eintritts, durch Nebeneinanderlegen der Bilder, den Winkelabstand beider voneinander gemessen, alsdann müßte in dem Augenblicke, wo das Licht des westlicheren von beiden Sternen durch die Mondatmosphäre hindurchginge, die Winkeldistanz dieses Sternes von dem östlicher belegenen eine Verringerung erleiden, genau gleich der Refraction, welche die Strahlen des ersteren Sternes erfahren. Der gegenseitige Abstand beider Sterne müßte demnach fortwährend abnehmen, je tiefer der erste Stern, bei fortschreitender Annäherung an den Mondrand, in die Atmosphäre eindränge. Wie leicht begreiflich müßte sich hierdurch das Vorhandensein einer Atmosphäre deutlich verrathen, betrüge die Refraction in der Mondatmosphäre auch nur eine einzige Secunde. Allen mit den hierzu erforderlichen Instrumenten versehenen Astronomen kann diese Beobachtung nicht eindringlich genug empfohlen werden.

Um mich nicht dem Vorwurfe auszusetzen, als hinge ich einer vorgefaßten Meinung in einer Frage an, die, meiner Ansicht zufolge, noch genauere Prüfung verdient, will ich an dieser Stelle einer Beobachtung Schröter's erwähnen, aus welcher anscheinend hervorgeht, daß eine äußerst schwache, dennoch aber merkliche Atmosphäre um den Mond vorhanden sei.

Nach dieser Beobachtung des lilienthaler Astronomen sollen diejenigen Berggipfel auf dem Monde, die, infolge ihrer großen Erhebung, beim Vorrücken der Lichtphasen als isolirte lichte Punkte erscheinen, um so lichtschwächer gesehen werden, je weiter sie sich von der Trennungslinie zwischen Licht und Schatten befinden, oder, was dasselbe ist, je länger der Weg war, auf welchem der Lichtstrahl am Mondkörper vorüberstreichen mußte.

Während er in der Dämmerungszeit, zwei und einen halben Tag nach der Conjunction, die sehr schmale Hörnergestalt des Mondes beobachtete, kam er einst auf den Gedanken zu untersuchen, ob der dunkle Umkreis der Scheibe des Gestirns, der nur vom aschfarbenen Lichte getroffen werden konnte, in seiner ganzen Ausdehnung gleichzeitig, oder nur theilweise beim Schwächerwerden der Dämmerung sichtbar würde. Dabei geschah es dann, daß der dunkle Rand zuerst sichtbar wurde in der Verlängerung jeder der beiden Hörnerspitzen der Sichel, in einer Länge von etwa 80 Secunden bei 2 Secunden Breite, und zwar in sehr schwacher, graulicher Färbung, die an Helligkeit und Breite abnahm, während sie nach Osten vorrückte. In jenem Augenblicke waren die übrigen Theile des dunkeln Randes noch vollkommen unsichtbar, und dennoch hätte man erwarten sollen, daß gerade sie zuerst sichtbar werden mußten, insofern sie weiter von den blendend hellen, direct vom Sonnenlichte getroffenen Stellen entfernt lagen. Erst acht Minuten nach Erscheinen jener in der Verlängerung der Hörner belegenen Bögen konnte man den übrigen Theil des aschfarbenen Randes erkennen. Man würde indessen nicht annehmen dürfen, daß die an die Hörner anstoßenden Randtheile mehr Licht von der Erde erhalten könnten, als die übrigen Theile der Mondoberfläche, und sieht sich deßhalb genöthigt, den Grund dieser wahrgenommenen größten Helligkeit anderswo aufzusuchen. Ein von der Mondatmosphäre auf den von den Sonnenstrahlen noch nicht direct getroffenen Theil des Gestirns reflectirter Schimmer, also ein eigentliches Dämmerungslicht scheint allein dieser Erscheinung als Erklärung dienen zu können. Jene Beobachtung geschah mit einem siebenfüßigen Spiegelteleskope bei einer 74maligen Vergrößerung.

Durch Rechnung leitet Schröter ferner ab, daß der Dämmerungsbogen auf dem Monde, gemessen in der Richtung der tangirenden Sonnenstrahlen, 2 Grad 34 Minuten beträgt, und daß diejenigen Schichten der Mondatmosphäre, welche das äußerste Ende dieses Bogens beleuchten, 452 Meter senkrechte Höhe besitzen.

Daraus würde ferner hervorgehen, daß schon das Zwischentreten einzelner Berge im Stande ist, die Monddämmerung an der ihr ohnedies eigenthümlichen Ausdehnung gänzlich zu verhindern.

Untersuchen wir jetzt, ob es nicht zu ermöglichen wäre, photometrische Beobachtungen anzustellen, die uns zu weiteren Kenntnissen über die Mondatmosphäre verhelfen könnten. Angenommen eine solche Atmosphäre sei wirklich vorhanden, so muß dieselbe über die Schlagschatten aller undurchsichtigen Körper ein verwaschenes Licht verbreiten, welches am Gipfel der Berge nothwendiger Weise schwächer ist, als in den Ebenen; es ist also nur erforderlich, den Schatten, welchen ein picförmiger Gipfel auf die Gebirgslandschaft wirft, welche er überragt, zu beobachten, und darauf denjenigen Schatten zu betrachten, welchen ein ähnlicher Spitzberg auf die allgemeine Niveaufläche des Mondes wirft. Der Schatten dieses letzteren Berges muß weniger schwarz erscheinen, als im ersten Falle, da er von mehr Luftschichten erhellt wird. Unter diesem Gesichtspunkte hat bisher Niemand, wie ich glaube, diese Frage untersucht. Wie weit man mit dieser vergleichenden Methode gehen kann, läßt sich mittelst des prismatischen Fernrohrs bestimmen.

Unbemerkt kann ich nicht lassen, daß diejenigen, welche das Dasein einer Mondatmosphäre um jeden Preis aufrecht erhalten wollen, behauptet haben, diese Atmosphäre beschränke sich auf die Höhlungen und erreiche das obere Mondniveau nicht; in diesem Falle würde allerdings das Uebereinstimmen zwischen dem berechneten und dem beobachteten Verweilen von Sternen hinter dem Mondrande Nichts gegen das Vorhandensein einer gewissermaßen unterirdischen Atmosphäre beweisen können.

Ließe sich jetzt die in Rede stehende Voraussetzung etwa durch jene Versuche rechtfertigen, durch welche man eingesehen hat, daß auf einer Quecksilbermasse eine begränzte Atmosphäre ruht, oder dadurch daß man sagte, die einst allgemein verbreitete Mondatmosphäre habe sich ganz und gar in die zahllosen Höhlungen begeben, mit denen unser Satellit, infolge von Eruptionen, die seine Oberfläche überall zerrissen haben, besäet ist?

Diese Frage ließe sich dadurch beantworten, daß man mit allen den Hülfsmitteln, welche die Lichtpolarisation bieten kann, untersuchte, ob der Schatten der inmitten von Mondkratern belegenen Bergkegel für vollkommen schwarz zu halten ist, oder ob er wenigstens nicht mehr Licht enthält, als vom aschfarbenen Lichte herrühren kann. Auf die-

sem Wege ließe sich ermitteln, ob die Krater eine Atmosphäre besitzen, die einigermaßen über ihre Ränder hinwegragt; man müßte bei dieser Beobachtung sich eines Fernrohrs bedienen, in welchem das Bild des Mondes von dem durch ein Nicol'sches Prisma vollständig polarisirten Lichte erzeugt würde. Das zweite, beliebig abzuschwächende Bild würde dann auf die Schatten des ersten Bildes fallen, und darin böte sich ein Mittel der zur Auflösung des Problems, das uns gegenwärtig beschäftigt.

Fehlt unserm Monde eine merkliche Atmosphäre gänzlich, so entstehen aus diesem Mangel außerordentlich viele neue Fragen; unter anderen ist es von Interesse zu wissen, ob sich unser Satellit wohl allezeit in diesem Zustande befunden habe; ob nicht eine ursprünglich vorhandene Atmosphäre etwa später, infolge langsam wirkender chemischer Ursachen, verschwunden sei. Wird die Frage von diesem Gesichtspunkte aus betrachtet, so gewinnen die Rechnungen von Benedict Prevost astronomisches Interesse; Prevost hat nämlich Untersuchungen über die Sauerstoffmengen angestellt, welche durch natürliche Vorgänge aus unserer Atmosphäre verschwinden können. Dabei hat jener Physiker zu Montauban gefunden, daß, unter Annahme der allergrößten Werthe für den Sauerstoffverbrauch von Menschen und Thieren, sowie für den Verlust beim Verbrennen oder bei der Gährung vegetabilischer Stoffe, der Gesammtverlust an Sauerstoff innerhalb eines Zeitraumes von hundert Jahren nur den 7200. Theil betragen würde vom Gesammtgewicht dieses Gases in unserer Atmosphäre (Annales de chimie et de physique, 1816, Bd. III, S. 99).

Zwanzigstes Kapitel.

Mondkarte.

Schon mit unbewaffnetem Auge erkennt man die beträchtlichsten Flecken auf dem Monde, die Zahl derer aber, welche man durch Fernröhre wahrnimmt, ist unvergleichlich größer. Die teleskopischen Flecken beobachtete Galilei zuerst; obgleich er indessen in dieser Beziehung die

Wissenschaft mit so vielen wichtigen Resultaten bereicherte, unternahm er dennoch nicht, Alles, was ihn seine Fernröhre erkennen ließen, zu zeichnen. Allerdings wäre dies für jene Zeit eine fast übermenschliche Arbeit gewesen. Peyresc und Gassendi glaubten zu einem derartigen Unternehmen ausreichenden Eifer und hinlängliche Kraft zu besitzen; ja sie hatten sogar einige Blätter schon durch Mellan stechen lassen, und Exemplare von diesen Karten findet man noch in einigen südlichen Bibliotheken. Als sie jedoch in Erfahrung brachten, daß Langrenus zu Antwerpen und Hevel sich mit einer ähnlichen Arbeit beschäftigten, gaben beide ihr Unternehmen auf. Die erste vollständige Mondkarte brachte Hevel zu Stande, und so groß war die Genauigkeit, mit der er diese Arbeit durchführte, daß er es für nothwendig erachtete, den Stich eigenhändig auszuführen. Ganz detaillirte Nachrichten über dieses Unternehmen gibt die Selenographie*), welche der Danziger Astronom veröffentlichte.

Als sich Hevel veranlaßt sah, den verschiedenen Flecken auf seiner Karte Namen beizulegen, war er, so erzählt sein eigener Bericht, zuerst zweifelhaft, ob er Namen von berühmten Männern oder von den damals bekannten Ländern der Erde auswählen sollte. Er gesteht, daß er deshalb auf die erstere Bezeichnungsweise verzichtet habe, weil er befürchtete sich Diejenigen zu Feinden zu machen, welche er dabei etwa überginge, oder welche meinen konnten, sie seien in zu untergeordneter Weise berücksichtigt worden. So beschloß er also, unsere Meere, Städte und Berge auf den Mond zu versetzen. Kühner war Riccioli, der auf seiner Karte, eine Frucht der Beobachtungen des ihm befreundeten Mitarbeiters Grimaldi, die von Hevel aufgegebene Namengebung einführte. Man hat es diesem Astronomen zum Vorwurfe gemacht, daß er seinen Mitbrüdern, den Jesuiten, allzuviel Raum gewährt, und sich selbst unter die begünstigten Gelehrten gesetzt habe. Indessen hat die Nachwelt an dieser kleinen und in der That unbedeutenden Taktlosigkeit keinen Anstoß genommen, und Riccioli's Benennungsweise hat den Sieg davongetragen.

---

*) Das Wort Selenographie kommt aus dem Griechischen; σελήνη bedeutet Mond.

Im Handel befindet sich außerdem eine Mondkarte in großem Maaßstabe, die Cassini gegen Ende des 17. Jahrhunderts nach eigenen Beobachtungen hatte stechen lassen.

Verkleinerungen dieser letzteren Karte sind in verschiedenen Schriften veröffentlicht worden, unter andern in Lalande's Astronomie und in der Connaissance des Temps.

Die Kupferplatte zu dieser großen Karte befand sich in der königlichen Druckerei, wurde aber, wie mir Bouvard mitgetheilt hat, an einen Kesselmacher verkauft, zu einer Zeit, wo der Direktor dieser öffentlichen Anstalt es geeignet fand, sich des alten Materials in seiner Niederlage theilweise zu entledigen.

Es läßt sich denken, daß dieser Direktor kein Freund der Astronomie war.

Lahire, der als ein geschickter Zeichner, zu einem derartigen Unternehmen sehr geeignet war, hatte die Ergebnisse seiner Beobachtungen in eine große Karte, von 12 Fuß Durchmesser, eingetragen. Diese Mondkarte sah man lange Zeit, in einem großen schwarzen Rahmen, auf der Treppe zur Bibliothek Ste. Geneviève.

Lahire's Karte ist niemals gestochen worden.

Vorzüglich verdient Tobias Mayer hier genannt zu werden, dessen Tod im Jahre 1762 die Vollendung seiner Mondkarte verhinderte; bei seiner Genauigkeitsliebe hätte Mayer's Arbeit wohl alles früher Erreichte übertroffen [11]).

Neuerdings ist die Astronomie durch eine lithographirte Mondkarte, von etwa drei Fuß im Durchmesser, bereichert worden; diese Karte ist die Frucht der beharrlichen Arbeiten der Herrn Mädler und Beer. Für die gegenwärtige Schrift hat Herr Barral, auf mein Ersuchen, die Verkleinerung der zuletzt genannten Karte überwacht (Fig. 296, S. 352). Man erblickt den Mond in verkehrter Stellung, so wie er sich in astronomischen Fernröhren zeigt.

Diese Karte ist eine orthographische Projection (20. Buch, S. 261) derjenigen Halbkugel, welche der Mond, bei mittlerer Libration, fortwährend der Erde zukehrt.

Die den ansehnlichsten Mondflecken beigelegten Namen sind entweder unserer Geographie entlehnt, oder es sind, wie bereits bemerkt

wurde, die Namen berühmter Astronomen. Wir haben uns an die in astronomischen Schriften gebräuchlichen Namen gehalten; dies sind, mit den Vermehrungen, welche die fortschreitende Selenographie hinzugefügt hat, die zuerst von Riccioli eingeführten Namen.

Lassen wir die Aufzählung vom Südrande des Mondes beginnen, so finden wir folgende Flecken oder größere, dunkle Räume, die nach Meeren, Seen, Buchten, Sümpfen benannt sind; die den einzelnen Namen hinzugefügten Coordinaten gelten nahezu für die Mitten der einzelnen Gestalten:

Mare Australe	in	50°	südlicher	Breite	bei	80°	westl.	Länge.
Mare Humorum	,,	25	,,	,,	,,	40	östl.	,,
Mare Nectaris	,,	15	,,	,,	,,	35	westl.	,,
Mare Nubium	,,	15	,,	,,	,,	20	östl.	,,
Mare Fecunditatis	,,	3	,,	,,	,,	50	westl.	,,
Sinus Medii	,,	0		,,		0		,,
Mare Tranquillitatis	,,	5	nördlich.	,,	,,	25	westl.	,,
Oceanus Procellarum	,,	10	,,	,,	,,	45	östl.	,,
Sinus Aestuum	,,	12	,,	,,	,,	13	,,	,,
Palus Somnii	,,	14	,,	,,	,,	43	westl.	,,
Mare Crisium	,,	17	,,	,,	,,	55	,,	,,
Mare Serenitatis	,,	25	,,	,,	,,	20	,,	,,
Palus Putredinis	,,	28	,,	,,	,,	0		,,
Lacus Somniorum	,,	38	,,	,,	,,	28	westl.	,,
Palus Nebularum	,,	38	,,	,,	,,	0		,,
Mare Imbrium	,,	35	,,	,,	,,	20	östl.	,,
Lacus Mortis	,,	47	,,	,,	,,	30	westl.	,,
Sinus Iridum	,,	45	,,	,,	,,	35	östl.	,,
Sinus Roris	,,	50	,,	,,	,,	55	,,	,,
Mare Frigoris	,,	55	,,	,,	,,	0		,,
Mare Humboldtianum	,,	60	,,	,,	,,	80	westl.	,,

In der unserer Erde zugewandten Mondhälfte haben die Selenographen noch folgende Bergketten aufgefunden, die ich von Süd nach Nord vorschreitend, aufzählen werde, indem ich zugleich durch die Coordinaten Lage und Ausdehnung dieser Ketten angebe:

Gebirge Dörfel, von 84° südl. Breite bis zum Pole, auf der Westseite des Mondes.

Gebirge Leibniz, von 65° südl. Br. bis zum Pole, am Ostrande.

Die Rocky-Mountains, von 20° bis 30° südl. Breite am Ostrande.

Das Altaigebirge von 17 bis 28° südl. Breite und 18 bis 30° westl. Länge.

Die Cordilleren von 10 bis 20° südl. Breite am Ostrande des Mondes.

Die Pyrenäen von 8 bis 18° südl. Br. und 10° westl. Länge.

Der Ural von 5 bis 13° südl. Br. und 8 bis 15° östl. Länge.

Gebirge d'Alembert von 4 bis 10° südl. Br., am Ostrande.

Das Hämusgebirge von 8 bis 21° nördl. Br., und 8 bis 15° westl. Länge.

Die Karpathen von 15 bis 19° nördl. Br., und 18 bis 30° östl. Länge.

Die Apenninen von 14 bis 27° nördl. Br., und von 10° westl. bis 11° östl. Länge.

Das Taurusgebirge von 21 bis 28° nördl. Br., und in 35° westl. Länge.

Die riphäischen Gebirge von 25 bis 33° nördl. Br., und von 53 bis 60° westl. Länge.

Das hercynische Gebirge von 17 bis 29° nördl. Breite, am Ostrande des Mondes.

Der Kaukasus von 32 bis 41° nördl. Br., und von 7 bis 15½° östl. Länge.

Die Alpen von 42 bis 49° nördl. Br., und 1° westl. bis 5° östl. L.

Die höchsten Kuppen dieser Gebirge erreichen folgende Höhen:

Dörfel	7603	Met.	Hämus	2021	Met.
Leibniz	7600	„	Karpathen	1939	„
Rocky-Mountains .	1600	„	Apenninen	5501	„
Altai	4047	„	Taurus	2746	„
Cordilleren	3898	„	Riphäisches Gebirge .	4171	„
Pyrenäen	3631	„	Hercynisches Gebirge	1170	„
Ural	838	„	Kaukasus	5567	„
D'Alembert	5847	„	Alpen	3617	„

Die Ringgebirge findet man im Allgemeinen von veränderlicher Höhe, je nach den Punkten, die man bestimmt. Einige der ansehnlichsten Höhen stelle ich in nachstehender Tafel zusammen; damit man die Flecken auf der Karte leicht auffinde, füge ich die Ortscoordinaten hinzu. Bei dieser Aufzählung befolge ich dieselbe Anordnung wie im Vorhergehenden, indem ich nämlich in der Richtung von Süd nach Nord und von West nach Ost fortschreite:

Namen der Berge.	Mondsbreiten.	Mondslängen.	Höhe in Metern.
Newton	77° südl. Br.	16° östl. L.	7264
Casatus	74	35 östl. L.	6956
Boussingault	68	55 westl. L.	"
Curtius	67	3 westl. L.	6769
Scheiner	60	26 östl. L.	5488
Zach	59	4 westl. L.	1949
Clavius	58	15 östl. L.	7091
Biela	54	50 westl. L.	2758
Bayer	52	34 östl. L.	2460
Phocylides	52	55 östl. L.	2680
Baco	51	19 westl. L.	4192
Cuvier	50	9 westl. L.	5017
Wargentin	49	60 östl. L.	452
Clairaut	47	14 westl. L.	"
Schikard	44	55 östl. L.	3222
Tycho	43	12 östl. L.	5216
Fabricius	42	41 westl. L.	2542
Stöfler	42	5 westl. L.	3732
Maurolycus	41	14 westl. L.	4356
Metius	40	42 westl. L.	4019
Piazzi	35	65 östl. L.	1559
Capuanus (Sinope) .	34	26 östl. L.	2618
Lagrange	33	71 östl. L.	1949
Reichenbach	30	46 westl. L.	3673
Poisson	30	9 westl. L.	2237
Fourier	30	52 östl. L.	3078
Piccolomini	29	31 westl. L.	4734
Vieta	29	56 östl. L.	4457
Purbach	26	2 östl. L.	2304
Petavius	25	59 westl. L.	3306
Polybius	22	25 westl. L.	195
Thebit	22	5 östl. L.	3118
Mersenius (M. Sacer)	21	47 östl. L.	2959
Elie de Beaumont . .	18	28 westl. L.	1877
Arzachel	18	2 östl. L.	4142
Sta. Catharina . . .	17	23 westl. L.	5707
Gassendi	17	40 östl. L.	2914
Tacitus	16	18 westl. L.	3508
Abulfeda	14	14 westl. L.	3056
Descartes	12	15 westl. L.	1169

Namen der Berge.	Mondbreiten.	Mondlängen.	Höhe in Metern.
Theophilus	11° südl. Br.	26° westl. L.	5559
Ptolemäus	9	3 östl. L.	2643
Langrenus	8	60 westl. L.	2929
Hipparch	6	5 westl. L.	3056
Mästlin	6	1 östl. L.	2294
Herschel	6	2 östl. L.	2873
Flamsteed	5	44 östl. L.	1910
Lalande	4	9 östl. L.	1754
Delambre	2	17 westl. L.	4563
Riccioli	2	75 östl. L.	"
Hevel	2 nördl. Br.	67 östl. L.	1754
Maskelyne	3	30 westl. L.	1362
Reinhold	3	23 östl. L.	2146
Agrippa	4	11 westl. L.	2087
Apollonius	5	60 westl. L.	1657
Taruntius	6	46 westl. L.	1062
Arago	6	21 westl. L.	1631
Bode	7	3 östl. L.	"
Reiner	7	55 östl. L.	228
Hyginus	8	6 westl. L.	"
Keppler	8	38 östl. L.	3054
Cäsar	9	15 westl. L.	1651
Kopernikus	9	20 östl. L.	3438
Stadius	10	13 östl. L.	214
Galilei	10	62 östl. L.	58
Auzout	11	63 westl. L.	1781
Marius	12	51 östl. L.	1388
Timocharis	13	27 östl. L.	2169
Picard	14	54 westl. L.	5175
Gay-Lussac	14	21 westl. L.	1930
Manilius	14	9 westl. L.	2347
Eratosthenes	14	11 östl. L.	4818
Plinius	15	24 westl. L.	1918
Mayer	16	29 östl. L.	2964
Marco Polo	16	3 östl. L.	1688
Huygens	20	2 östl. L.	5500
Macrobius	21	45 westl. L.	4436
Conon	21	2 westl. L.	1052
Pytheas	21	21 östl. L.	1559
Seleucus	21	66 östl. L.	3118

Namen der Berge.	Mondbreiten.	Mondlängen.	Höhe in Metern.
Euler	23° nördl. Br.	29° östl. L.	1815
Aristarch	23	47 östl. L.	1337
Herodot	23	49 östl. L.	780
Römer	25	36 westl. L.	3528
Lambert	26	21 östl. L.	1813
Briggs	26	68 östl. L.	2924
Cleomedes	27	55 westl. L.	4175
Diophant	27	34 östl. L.	778
Linné	28	12 westl. L.	"
Archimedes	30	4 östl. L.	2247
Delisle	30	35 östl. L.	1815
Wollaston	30	47 östl. L.	813
Posidonius	31	29 westl. L.	1737
Lichtenberg	31	66 östl. L.	"
Theätetus	36	6 westl. L.	2276
Gauß	37	75 westl. L.	"
Berzelius	37	50 westl. L.	390
Lavoisier	38	81 östl. L.	"
Calippus	39	10 westl. L.	1349
Cassini	40	4 westl. L.	1331
Helikon	40	23 östl. L.	505
Struve	43	63 westl. L.	"
Harding	43	70 östl. L.	390
Eudoxus	44	11 westl. L.	4541
Sharp	45	40 östl. L.	2933
Atlas	46	43 westl. L.	3333
Herkules	46	38 westl. L.	3319
Laplace	46	26 östl. L.	3228
Bianchini	49	34 östl. L.	2579
Aristoteles	50	12 westl. L.	3259
Plato	51	9 östl. L.	2261
La Condamine . . .	53	28 östl. L.	1298
Bouguer	53	36 östl. L.	"
Harpalus	53	44 östl. L.	4832
Fontenelle	61	17 östl. L.	2070
Thales	62	49 westl. L.	1978
Pythagoras	63	60 östl. L.	5163
Anaxagoras	74	12 östl. L.	2660
Scoresby	76	12 westl. L.	3372

Trotz der großen Höhe einer beträchtlichen Anzahl von Mondbergen, bleiben dieselben dennoch, wie man bemerkt, hinter den größten Berghöhen auf unserer Erde erheblich zurück. Der höchste bekannte Gipfel auf der Erde, der des Kintschindjinga hat, wie wir bereits wissen (S. 179 dieses Bds.) 8592 Meter, während auf dem Monde die höchsten Spitzen der Gebirge Dörfel und Leibniz nicht über 7603 Meter aufsteigen. Dennoch sind, im eigentlichen Sinne, die für die beiden Himmelskörper gegebenen Zahlen untereinander nicht unmittelbar vergleichbar, indem sie auf der Erde Erhebungen über dem mittleren Niveau des Oceans bedeuten, für den Mond hingegen nur die Höhenverschiedenheit zwischen den Gipfeln und den nächstliegenden niederen Terrains ausdrücken. Wie dem indessen sei, immerhin wird man, bei der relativen Kleinheit des Mondes, die Höhen seiner Berge außerordentlich hoch finden; es verhält sich nämlich auf dem Monde die Höhe des allerhöchsten Gipfels zum Durchmesser wie 1 : 454, während die Höhe des größten Berges sich bei uns zum Erddurchmesser verhält wie 1 : 1481.

Ganz charakteristisch für die Mondberge sind die außerordentlich weiten Wallgebirge, in deren Mitte sich bisweilen domförmige Kuppeln oder Bergkegel erheben. Die sehr beträchtlichen Durchmesser der wichtigsten Wallgebirge stelle ich hier zusammen:

Namen der Berge.	Durchmesser der Wälle.	Namen der Berge.	Durchmesser der Wälle.
Clavius	227129 Met.	Flamsteed	96304 Met.
Ptolemäus . . .	184459 „	Piccolomini . . .	93304 „
Gauß	177792 „	Fabricius	89192 „
Riccioli	170384 „	Atlas	88303 „
Boussingault . .	148160 „	Kopernikus . . .	88000 „
Hipparch	140752 „	Phocylides . . .	87192 „
Cleomedes . . .	125936 „	Wargentin . . .	87192 „
Hevel	113861 „	Tycho	87044 „
Scheiner	112000 „	Aristoteles	81488 „
Posidonius . . .	99193 „	Archimedes . . .	80229 „
Plato	96600 „		

Nicht alle Wallgebirge auf dem Monde sind kreisförmig gestaltet; als sehr langgestreckt nenne ich besonders Descartes, der bei 59264 Meter Länge nur 3704 Meter breit ist.

Die eigentlichen Ringgebirge des Mondes sind meist kleiner, als die Wallgebirge; Conon in den Apenninen, eines der beträchtlichsten Ringgebirge, hat nur 14800 Meter im Durchmesser.

Zum Schlusse dieser tabellarischen Aufzählung lasse ich eine dem Kosmos entlehnte Stelle folgen[12]: „Indem wir hier bei Vergleichungen mit uns wohlbekannten irdischen Naturerscheinungen oder Größenverhältnissen verweilen, ist es nöthig zu bemerken, daß der größere Theil der Wallebenen und Ringgebirge des Mondes zunächst als Erhebungs-Krater ohne fortdauernde Eruptionserscheinungen im Sinne der Annahme von Leopold von Buch zu betrachten sind. Was wir nach europäischem Maaßstabe groß auf der Erde nennen: die Erhebungs-Krater von Rocca Monfina, Palma, Teneriffa und Santorin, verschwindet freilich gegen Ptolemäus, Hipparch und viele andere des Mondes. Palma gibt nur 3800, Santorin nach Kapitän Graves' neuer Messung 5200, Teneriffa höchstens 7600 Toisen Durchmesser: also nur $1/8$ oder $1/6$ der zwei eben genannten Erhebungs-Krater des Mondes. Die kleinen Krater des Pic von Teneriffa und Vesuvs (drei- bis vierhundert Fuß im Durchmesser) würden kaum durch Fernröhre gesehen werden können. Die bei weitem größere Zahl der Ringgebirge hat keinen Centralberg; und wo er sich befindet, wird er als domförmig oder flach (Hevelius, Macrobius), nicht als Eruptions-Kegel mit Oeffnung beschrieben*).“

*) Eine Ausnahme sollen machen Arzachel und Herkules: der erste mit einem Krater im Gipfel, der zweite mit einem Seiten-Krater. Diese geognostisch wichtigen Punkte verdienen neue Untersuchung mit vollkommneren Instrumenten (Schröter, selenotopographische Fragmente Th. II. tab. 44 und 68 fig. 23). Von Lavaströmen, die sich in diesen Punkten anhäufen, ist bisher nie etwas erkannt worden. Die Strahlen, welche vom Aristoteles nach 3 Richtungen ausgehen, sind Hügelketten (Beer und Mädler S. 236).

A. v. H.

Einundzwanzigstes Kapitel.

Ob der Mond jemals den Anstoß eines Kometen erlitten habe?

Der Mond wendet uns fortwährend dieselbe Seite zu. Bis auf sehr geringe periodische Schwankungen, deren Ursache uns genau bekannt ist, sind die Flecken, welche wir heute erblicken, genau dieselben, die wir gestern sahen, und die wir morgen, nach einem Monate, nach einem, und nach hundert Jahren, wahrnehmen werden. Es bedarf nur der allereinfachsten Erwägung, um aus dieser Beobachtung zu folgern, daß sich der Mond um seinen Mittelpunkt dreht, und zwar genau in derselben Zeit, in welcher sein Umlauf um die Erde vollbracht wird.

Ganz unwahrscheinlich ist es indessen, daß diese beiden Bewegungen gleich anfangs vollkommen gleich untereinander gewesen seien; daß zwischen beiden der Unterschied sehr gering war, darf man vielmehr annehmen, und nur dieser Annahme bedarf es zur Erklärung des Phänomens.

Denn als der noch in flüssigem Zustande befindliche Mond die seiner Umdrehungsbewegung entsprechende Gestalt annehmen wollte, wurde er infolge der Anziehungskraft unserer Erde verlängert, und zwar dergestalt, daß die größere Axe der Erde zugewandt wurde.

In dieser verlängerten Gestalt kann man den Mond füglich mit einem Pendel vergleichen. Entfernt man nämlich ein Pendel aus der Verticallinie, so wird es, wie bekannt, durch die Anziehung der Erde in seine ursprüngliche Lage zurückgeführt, indem es nach beiden Seiten hin Schwingungen macht, welche ohne den Widerstand der Luft und ohne die Reibung der den Apparat tragenden Schneide ununterbrochen in derselben Weite fortdauern würden. In derselben Weise wird, sobald, zufolge einer kleinen Verschiedenheit zwischen den hier besprochenen Umlaufs- und Umdrehungsbewegungen, sich die Längenaxe des Mondpendels aus der Verticallinie, d. h. aus der nach dem Erdmittelpunkte gerichteten Linie entfernt hat, die Anziehung des Erdkörpers dieselbe in die anfängliche Stellung zurückzuführen sich bestreben. Die Anziehung muß dem Mondpendel nothwendig eine schwingende Bewegung um die ursprüngliche Lage ertheilen, und diese Bewegung wird,

da sie in diesem Falle durch keine Ursache abgeschwächt und verringert wird, ununterbrochen fortdauern.

Diese Schwankungen der größeren Mondaxe bezeichnet man mit dem Namen der wirklichen Libration (10. Kap. S. 320), und die Größe derselben oder der Schwingungsbogen hängt offenbar ab von dem Unterschiede, der ursprünglich, wenn die Einwirkung der Erde nicht vorhanden gewesen wäre, zwischen der Umdrehungs- und der Umlaufsbewegung bei unserem Satelliten stattgefunden hätte. Da nun die wirkliche Libration unmerklich ist, muß dieser Unterschied ursprünglich äußerst gering gewesen sein.

Schleudern wir jetzt in Gedanken einen Kometen auf den Mond. Die ursprünglichen Bewegungen des Umlaufs und der Rotation werden durch den Stoß nicht in gleicher Weise verändert werden; geschieht es hierbei, daß der Unterschied zwischen beiden Bewegungen außerordentlich groß wird, so kann möglicherweise die Schwerkraft nicht mehr im Stande sein zu verhindern, daß sich die große Mondaxe beliebig aus der Richtung gegen den Erdmittelpunkt hin entfernt, und infolge davon wird sich nach und nach die gesammte Mondfläche unsern Blicken darbieten. Sind die Unterschiede von geringerer Größe, so entsteht nur eine mehr oder weniger beträchtliche schwingende Bewegung. In Bezug hierauf hat Laplace durch Rechnung gefunden, daß der Anstoß eines Kometen von einer Masse gleich dem hunderttausendsten Theile der Erdmasse hingereicht hätte, diese Schwankung wahrnehmbar zu machen.

Da nun aber die Beobachtungen diese wirkliche Libration bisher als unmeßbar klein ergeben haben, so sind wir unabweislich zu der Folgerung genöthigt, daß noch niemals ein Komet auf den Mond gefallen ist, obgleich in einer unermeßlich langen Zeit ein solches Ereigniß an sich wahrscheinlicher wird; immerhin gilt aber dieser Schluß nur unter der Voraussetzung einer Masse des Kometen, die nicht noch beträchtlich weniger, als den hunderttausendten Theil der Erdmasse ausmacht.

Zweiundzwanzigstes Kapitel.

Ob der Mond jemals ein Komet gewesen sei?

Wie bei Lucian und Ovid erzählt wird, gaben sich die Arkadier für älter aus, als den Mond; indem sie behaupteten, ihre Vorfahren hätten bereits die noch mondlose Erde bewohnt. Eine so seltsame Meinung, von der es in der That schwer ist den Ursprung zu errathen, hat einige Philosophen auf die Vermuthung geführt, der Mond sei in sehr alter Zeit ein Komet gewesen, der einst bei seinem Umlaufe in einer elliptischen Bahn um die Sonne in die unmittelbare Nachbarschaft der Erde gerieth und dadurch genöthigt wurde, seitdem sich um letztere zu bewegen.

Eine solche gänzliche Umgestaltung der Bahn ist an sich nicht unmöglich; doch hätte sie bei einem beträchtlichen Perihelabstande des Kometen nicht eintreten können, folglich mußte dieser Komet in große Nähe zur Sonne kommen und demgemäß einen sehr hohen Hitzegrad erdulden, der wohl hingereicht haben könnte, um alle Flüssigkeit auf der ganzen Oberfläche bis auf die letzte Spur zu vertilgen. Das verbrannte Aussehen der hohen Mondberge, sowie der tiefen Thäler und der wenigen Ebenen, die man dort antrifft, führte man an als ebenso viele Beweise für den kometarischen Ursprung unsers Satelliten.

Aber diese Schlüsse beruhen insgesammt auf einer seltsamen Verwechselung der Begriffe. Allerdings bietet der Mond ein verbranntes Ansehen, wenn man mit dieser Bezeichnung ausdrücken will, daß fast alle Punkte seiner Oberfläche unverkennbare Spuren alter vulkanischer Umwälzungen zeigen; Nichts aber beweist und kann heutigentags beweisen, bis zu welcher Temperatur ihn die Sonnenstrahlen ehemals erhitzt haben, denn zwischen den beiden genannten Erscheinungen besteht durchaus kein Zusammenhang. Sehen wir nicht in der That alljährlich an den Vulkanen auf Island, auf der Insel Mayen, in Kamtschatka, daß Eis und Kälte auf der Oberfläche dieser Polargegenden ganz ohne Einfluß bleiben auf die Stoffe im Innern, deren chemisches Aufeinanderwirken die Ausbrüche herbeiführt?

Unter der zahllosen Menge von Gestirnen, die ihrem Wesen nach, sowie durch Glanz und Gestalt so äußerst verschieden sich am Himmel

zeigen, sind die Kometen die einzigen, um welche man direct und sogleich auf den ersten Blick eine gasförmige Umhüllung, eine wirkliche Atmosphäre wahrnimmt. Freilich läßt sich behaupten, daß diese Atmosphäre in keinem Falle durch Verdunstung der ursprünglich auf dem Kerne vorhanden gewesenen Stoffe habe entstehen können. Nichtsdestoweniger begleitet sie den Kometen fortwährend; auch liegt kein Grund vor, weßhalb sie sich von ihm loslösen sollte, trotz der Störung und Veränderung, welche eine zufällig einwirkende Anziehung auf Gestalt und ursprüngliche Lage der Bahn möglicherweise ausübt. So ist also der vollständige Mangel einer Atmosphäre um den Mond der Meinung, nach welcher derselbe ein früherer Komet ist, keineswegs günstig, ja widerspricht ihr sogar direct.

Dreiundzwanzigstes Kapitel.

Ueber Natur und Helligkeit des Mondlichtes.

Will man sich eine genaue Vorstellung machen von der Natur des Lichtes, in welchem wir den Mond sehen, wenn er von der Sonne beleuchtet ist, so ist zunächst zu untersuchen, auf welche Weise wir irdische Gegenstände mit unsern Augen wahrnehmen.

Wenn Sonnenlicht auf einen nicht spiegelglatten Körper fällt, so ist zwischen den Strahlen, welche von dem Körper in unser Auge gelangen, ein wesentlicher Unterschied zu machen; die einen nämlich werden spiegelartig von den kleinen, an der Oberfläche aller Körper vorhandenen Flächentheilchen zurückgeworfen, die andern dringen in den Körper ein, verkörpern sich gewissermaßen mit seiner Substanz, und scheinen von allen Punkten der Oberfläche nach allen Richtungen hin auszugehen, genau so, als wäre der Körper selbstleuchtend geworden. Je nach der Natur des Körpers ist diese zweite Gattung von Licht an Intensität außerordentlich verschieden; bisweilen tritt auch ein Unterschied der Farbe hervor; dieser Theil des Lichtes ist fast Null in kohlenhaltigen Stoffen, z. B. in der Steinkohle; dagegen ist er sehr beträchtlich in den Kalksteinen. Betrachteten wir nur das spiegelartig von

den kleinsten Flächentheilchen zurückgeworfene Licht, so würden wir zwischen der Oberfläche einer Kohle und eines Stückes Marmor nur geringe Unterschiede wahrnehmen.

Das aus dem Innern eines von der Sonne beschienenen Körpers kommende Licht ist es, welches die so großen Verschiedenheiten des Glanzes hervorbringt, die wir unter sonst gleichen Umständen an den verschiedenartigen Körpern auf der Erdoberfläche wahrnehmen. In Betreff des Mondes können wir hieraus folgern, daß die Verschiedenheiten des Glanzes, die man sogar mit bloßem Auge auf der Mondscheibe wahrnimmt, hauptsächlich von der Verschiedenartigkeit der Stoffe an seiner Oberfläche herrühren, nicht aber von den regelmäßig reflectirten Strahlen.

Wer die Felsen auf unserer Erde im Sonnenscheine vom Monde aus betrachten könnte, der würde sie ebenso glänzen sehen, wie die auf dem Monde vorhandenen Gegenstände von der Erde aus erscheinen.

Man kann nun fragen, wie es sich beweisen lasse, daß die von der Sonne beschienene Erde, vom Monde aus gesehen, ebenso hell glänze, als unser Mond. Auf den ersten Anblick sollte man meinen, es sei unmöglich, auf diese Frage zu antworten; indessen bei geringem Nachdenken sieht man bald, daß sich etwas Bestimmtes darüber dennoch ausmachen läßt.

Um alle Zweifel zu beseitigen, muß man die folgende Kette von Schlüssen aufstellen.

Auf Gebirgsreisen hat man täglich Gelegenheit sich zu überzeugen, daß eine von der Sonne beschienene Wolke an ihrer unteren Seite ebenso glänzt, als an der gegenüberliegenden oberen. Nun gleicht aber der Mond am hellen Tage bisweilen aufs Täuschendste den unteren Wolkenflächen so sehr, daß nur seine runde und scharf abgeschnittene Gestalt ihn von den Wolken unterscheidet; folglich muß unsere Erde, wenn sie mit Wolken bedeckt ist und aus großer Ferne betrachtet wird, wenigstens ebenso glänzend erscheinen, als der Mond.

Es bleibt noch der Fall einer heitern Atmosphäre zu betrachten übrig, wo das von der Erde zurückgeworfene Licht von den festen Theilen herkommt. Man stelle in einem dunkeln Zimmer irgend eines jener rauhen Felsstücke auf, aus denen die Erde besteht, und lasse die

Sonnenstrahlen darauf fallen; so wird man dasselbe in einem Glanze erblicken, der sich füglich mit dem Lichte unsers Mondes bei Nacht vergleichen läßt.

Wenn man aber im Freien die Helligkeit des von irgend einem Theile des Erdbodens reflectirten Lichtes beobachtet, so wirkt ein Umstand täuschend auf unser Urtheil ein, nämlich die Helligkeit der benachbarten Theile und des atmosphärischen Lichtes. Diese Fehlerquellen lassen sich indessen sogleich dadurch entfernen, daß man ein leeres oder erntereifes Feld durch ein langes, innen sorgfältig geschwärztes Rohr betrachtet; sogleich verschwindet jede Täuschung.

Ich führe noch eine Beobachtung von Sir John Herschel an, die gerade auf das Ziel geht, das ich bei diesen Erläuterungen im Auge habe.

„Während meines Aufenthaltes am Kap der guten Hoffnung," äußert dieser berühmte Astronom, „habe ich häufig die von der aufgehenden Sonne beleuchtete verticale Wand des Tafelberges mit dem hinter ihr untergehenden Vollmonde verglichen, und der Glanz des Gestirnes und des Felsens (Sandstein) stimmten so nahe überein, daß ich beide Objecte nicht voneinander unterscheiden konnte. Damit man nicht etwa einen Einwand von dem Umstande hernehme, daß der Felsen aus größter Nähe, der Mond dagegen aus großer Ferne beobachtet wurde, erinnere ich noch daran, daß der Felsen, den sichersten Grundsätzen der Optik zufolge, in jeder Entfernung denselben Glanz beibehalten mußte[13])."

Hiernach wird Jeder das große Interesse begreifen, das die Untersuchung des Verhältnisses der Helligkeiten in den verschiedenen Regionen der Mondscheibe besitzt. Schon Galilei hatte die Bemerkung gemacht, daß Rand und Mitte des Mondes von gleicher Helligkeit sind; dies geht aus seinem Briefe an den Großherzog von Toscana hervor, den er als Erwiderung auf eine kleine Schrift des Liceti über das aschfarbene Licht veröffentlichte; er spricht es darin klar aus, daß man, wären die Randgegenden des Mondes spiegelglatt, das Gegentheil eintreten zu sehen vermuthen sollte. Aber die dort wahrnehmbaren Unebenheiten verändern die Lage der Dinge vollständig und machen es möglich, den gleichen Glanz, den man in der That beobachtet, mit den photometrischen Gesetzen in Uebereinstimmung zu sehen.

Soviel mir bekannt ist, kam bisher Niemand auf den Gedanken, die Untersuchung der Mondscheibe vom photometrischen Gesichtspunkte aus weiterzuführen. Ich habe versucht, diese Lücke auszufüllen und numerisch das Verhältniß zu bestimmen, das zwischen dem Lichte eines der großen Flecken, der sogenannten Meere, und der hellsten Punkte auf der Mondscheibe besteht.

Durch Anwendung von Verfahren, die ich in meinen Abhandlungen über Photometrie mit Ausführlichkeit beschrieben habe, gelangte ich in dieser Beziehung zu folgenden Resultaten.

Im Mittel steht die Helligkeit des Mondrandes zur Helligkeit der großen Flecken im Verhältnisse von 2,7 zu 1. Verglich ich dagegen eine sehr glanzvolle Randstelle mit einem der dunkelsten Flecken, so ergab sich das Verhältniß von 15,5 zu 1 als das der Helligkeiten der beiden untereinander verglichenen Stellen.

Zur Zeit der Veröffentlichung seiner Mikrographie (1667) behauptete Hooke, „gewisse Regionen des Mondes seien möglicherweise mit Vegetation bedeckt, ähnlich unserem Rasen, unseren Gebüschen, unseren Bäumen.“

Zu dieser Folgerung veranlaßte jenen großen Beobachter die Bemerkung, daß die in Rede stehenden Stellen bei jeder Beleuchtung, bei jeder Stellung der Sonne stets matt erscheinen, während die viel unfruchtbarreren Berge in der Nachbarschaft in hellem Lichte erglänzen.

Beer und Mädler wollen erkannt haben, daß

> das Mare Crisium grünlich schimmert;
> das Mare Serenitatis gleichfalls grünlich erscheint;
> dieselbe Färbung auch im Mare Humorum;
> eine röthliche Färbung im Flecken Lichtenberg.

Doch ist noch fraglich, ob die von beiden genannten Astronomen wahrgenommenen Farben nicht bloß durch Contrast hervorgebracht seien. Ist nämlich der Mond im Allgemeinen etwas gelblich gefärbt, so halte ich es für ausgemacht, daß das viel schwächere Licht des Mare Serenitatis, Mare Crisium, Mare Humorum, etwas grünlich erscheinen muß.

Jene großen, grünlich schimmernden Strecken, welche Hevel in seiner Karte als Meere, Sümpfe, Wälder bezeichnete, ändern ihre Farbe niemals, gleichviel unter welchem Winkel sie beleuchtet werden.

Wenden wir uns jetzt zu den Vergleichungen, die man zwischen dem Sonnenlichte und dem Lichte des Mondes im Allgemeinen angestellt hat.

Bouguer besaß kein Verfahren, direct das Sonnen- und Mondlicht untereinander zu vergleichen, und bediente sich deßhalb einer Kerze zur Vergleichung. An dem Tage seiner Beobachtung, als die Sonne 31 Grad hoch stand, und ihr Licht durch ein 2 Millimeter im Durchmesser haltendes Loch in ein dunkles Zimmer fiel, stellte er ein Concavglas vor die Oeffnung, um die Sonnenstrahlen durch Divergenz zu schwächen.

Indem er hierauf dies divergirende Licht auf einem Schirme auffing, und zwar an einer Stelle, wo es im Verhältnisse von 1 zu 11664 geschwächt war, fand er es gleich dem Lichte einer 0,433 Millimeter von diesem Schirme entfernten Kerze.

Hierauf stellte Bouguer in der Nacht dasselbe Experiment mit dem Mondlichte und ebendemselben Concavglase an, als der Vollmond ebenfalls 31 Grad hoch stand; dabei ergab sich, daß das Mondlicht, als es 18 Millimeter divergirt hatte, oder als es nur um $^1/_{64}$ abgeschwächt wurde, bereits so kraftlos war, daß man die zur Vergleichung angewandte Kerze bis auf 16,242 Meter entfernen mußte, um beider Licht gleich zu machen.

Aus diesen Beobachtungsdaten folgt bei gehöriger Berechnung, daß uns die Sonne etwa 256289 Mal mehr Licht gibt, als der Mond.

Drei ähnliche Versuche, die Bouguer an verschiedenen Tagen des Jahres 1725 anstellte, ergaben folgende Resultate: 284089, 331776, 302500; der berühmte Akademiker zog daraus den Schluß, daß sich das Sonnenlicht zu dem Lichte des Mondes in seiner mittleren Entfernung wie 300000 : 1 verhält.

Gegen diese Bestimmung sind allerdings später Einwendungen gemacht worden; man hat Resultate, aus theoretischen Betrachtungen und aus Versuchen hergeleitet, beigebracht, welche von den soeben angeführten erheblich abweichen. Eine der hauptsächlichsten Fehlerquellen der Bouguer'schen Methode finde ich in der Schwierigkeit, die stets entgegentreten muß, das weiße Licht der Sonne oder des Mondes, welches dann durch Contrast bläulich erscheint, mit dem röthlichen Kerzenlichte zu vergleichen.

Wenn ich sagte, die Zahl 300000 gelte für die mittlere Entfernung, so will ich, diese nähere Bestimmung zu rechtfertigen, noch hinzufügen, daß der Mond die Erde, je nach den Umständen, in sehr verschiedenem Grade erleuchtet. Da sich nämlich die größten und kleinsten Entfernungen des Mondes von der Erde in den verschiedenen Theilen seiner Bahn wie 8 zu 7 verhalten, so werden sich demgemäß die zur Erde gesandten Lichtmengen verhalten wie 64 zu 49, oder ungefähr wie 4 zu 3.

Robert Smith, der Verfasser des so wohlbekannten Lehrbuchs der Optik, machte den Versuch, auf theoretischem Wege das Problem aufzulösen, mit welchem sich Bouguer experimental beschäftigt hatte; von der Voraussetzung ausgehend, daß bei der Reflection von der Mondoberfläche kein einziger Lichtstrahl verloren gehe, fand er, daß sich das Licht des Vollmondes zum Sonnenlichte wie 1 : 90000 verhielte.

Dies Resultat weicht allerdings von dem Bouguer's ab; indessen kann man bemerken, daß die von dem englischen Physiker erhaltene Ziffer in der That kleiner herauskommen mußte, da sich seine Rechnung auf die Annahme stützt, das gesammte auffallende Licht werde zurückgeworfen, während der Versuch zeigt, daß diese Reflexion nur etwa der dritte oder vierte Theil von der in der Rechnung angenommenen, theoretischen Reflexion ist.

Lambert ging von der Voraussetzung aus, die Materie, aus welcher der Mond besteht, sende uns den vierten Theil des auffallenden Lichtes zurück; er berechnete hieraus, daß das Sonnenlicht 277000 Mal heller ist, als das des Mondes, ein Resultat, das sich nicht weit von demjenigen entfernt, das Bouguer experimentell gefunden hatte.

Durch Anwendung der Methode der gleichen Schatten hat Wollaston gefunden, indem er sich als Zwischengliedes eines Kerzenlichtes bediente, daß das Sonnenlicht 801072 Mal das des Mondes übertrifft.

Den außerordentlichen Unterschied zwischen dieser Zahl und der Bouguer'schen Bestimmung vermag ich nicht zu erklären, denn der angewandten Methode mangelte es nicht an Genauigkeit, und ebenso ist die Geschicklichkeit des Beobachters unzweifelhaft.

Vierundzwanzigstes Kapitel.

Polarisation des Mondlichtes.

Das Mondlicht ist, besonders, wie es mir geschienen hat, zur Zeit des ersten Viertels, polarisirt; dies ist zugleich die Zeit, wo die Polarisation eines Lichtes am größten wäre, das von einer der unsrigen ähnlichen Atmosphäre reflectirt würde, wäre der Mond überhaupt von einer derartigen Atmosphäre umgeben. Wollte man die wirklich beobachtete Polarisation zum größten Theile einer Mondatmosphäre zuschreiben, so wäre damit zugleich die natürliche Erklärung für den Umstand gegeben, daß die Polarisation in der Richtung der dunkeln Mondflecken am größten erscheint. Gegenwärtig, wo wir im Besitze eines graduirten Photometers sind, wird man aus diesen Beobachtungen über die Menge des in verschiedenen Gegenden der Mondscheibe polarisirten Lichtes ganz bestimmte Zahlenangaben herleiten können, und ebenso über die Menge polarisirten Lichtes in demjenigen Lichte, in welchem wir irdische Körper wahrnehmen, wenn deren Oberfläche von Lichtstrahlen unter 45 Grad getroffen wird.

Beispielsweise lasse ich an dieser Stelle diejenigen Beobachtungen nachfolgen, welche sich vom Jahre 1811 über die Polarisation des Mondlichtes, bei Betrachtung mittelst des früher beschriebenen Polariskops (12. Bd. S. 92), in meinen Tagebüchern finden.

Mittwoch d. 30. Oct. 1811, 8 Uhr wahre Zeit (Vollmond am 31. 5 Uhr 28 Min. Ab.). — Ich beobachtete den morgen vollwerdenden Mond mittelst eines kleinen, mit Prisma versehenen Fernrohrs; bei allen Stellungen des Instrumentes erschienen mir beide Bilder von gleicher Helligkeit. Darauf brachte ich die Bergkrystallplatte vor das Objectiv, ohne daß die Bilder irgendwie von der früheren Weiße verloren.

Bei zukünftiger Vergleichung dieser Beobachtung mit später anzustellenden, wird es gut sein zu bemerken, daß sich der Mond nahe bei seiner Opposition befand, und daß seine Breite nur klein war; dergestalt, daß die von den spiegelnden Flächen des Mondes zur Erde zurückgesandten Strahlen mit ihren Oberflächen nahezu rechte Winkel bildeten.

Letzthin, als der Mond noch nicht im ersten Viertel stand, konnte ich einen kleinen Helligkeitsunterschied zwischen beiden Bildern bemerken, und als ich die Bergkrystallplatte einschob, zeigten sich auch sehr deutliche Farben.

Montag d. 11. Nov. 1811, 9 Uhr wahre Zeit (Letztes Viertel am 8. 1 Uhr 25 Min. Morgens). — In meinem kleinen Prismenfernrohre scheinen beide Mondbilder nicht genau gleich hell, doch ist der Unterschied sehr unbeträchtlich. Ich stellte die Bergkrystallplatte vor das Objectiv; sogleich färbten sich die beiden Bilder höchst merklich, und die Farben wechselten, wenn ich das Fernrohr rund um seine Axe drehte. Stärker gefärbt als die übrigen Parthien auf der Mondscheibe fand ich die großen Flecken, die sogenannten Meere.

Mittwoch d. 20. Nov. 1811, 7 Uhr wahre Zeit (Erstes Viertel am 23. 9 Uhr 47 Min. Morgens). — Die beiden Mondbilder sind von ungleicher Helligkeit; es scheint sogar, als ob der an sich sehr geringe Unterschied durch eine leichte röthliche Färbung des schwächeren Bildes merklich wird.

Nach Anbringen der Bergkrystallplatte sind die beiden Monde deutlich farbig, der eine roth, der andere grün; indessen sind beide Färbungen, die einzigen wahrnehmbaren, nur an den Mondflecken deutlich zu erkennen.

21. Nov. 1811, 7 Uhr wahre Zeit. — Bei Beobachtung des Mondes mit dem Prismenfernrohre war eine recht deutliche Helligkeitsverschiedenheit zwischen beiden Bildern zu erkennen. Sobald die Bergkrystallplatte vor das Objectiv gestellt wurde, erschienen die Bilder zwar sehr deutlich gefärbt, doch erkannte man mit Sicherheit nur roth und grün, besonders an den dunkeln Parthien.

22. Nov. 1811, 6 Uhr wahre Zeit. — Im Prismenfernrohre sind beide Mondbilder ungleich, aber der Unterschied ist nicht beträchtlich. Nach Einfügen der Krystallplatte sind beide sehr deutlich, und zwar complementar gefärbt. Roth und Grün zeigen sich vorzüglich an den dunkeln Flecken.

23. Nov. 1811. — Im Laufe dieses Abends habe ich das Prismenfernrohr mehrmals auf den Mond gerichtet, und jedes Mal einen kleinen Unterschied in der Helligkeit beider Bilder bemerkt; das

Vorstecken der Bergkrystallplatte brachte eine Färbung beider hervor, besonders in den sogenannten Meeren. Roth und Grün waren die einzigen Farben, die sich deutlich erkennen ließen.

24. Nov. 1811. — Heute ist die Helligkeitsverschiedenheit beider Bilder nur gering. Dennoch färbt die Bergkrystallplatte ganz deutlich; die rothe Färbung scheint mir weniger lebhaft, als gestern, die grüne dagegen dunkler. Zum ersten Male sah ich heute recht deutlich auch Spuren von den Zwischenfarben zwischen roth und grün.

27. Nov. 1811 (Erstes Viertel d. 30. 5 Uhr 20 Min. Morgens). — Mit dem Prismenfernrohre gesehen, sind die beiden Mondbilder nicht sehr verschieden an Helligkeit; durch die Krystallplatte erscheinen heute keine Farben; möglicherweise sind indessen in gewissen Stellungen die dunkeln Flecken grün gefärbt, mit einer schwachen Beimischung von gelblich. Vom Roth zeigt sich nicht die kleinste Spur. Diesen Versuch stellte ich mehrmals den Abend hindurch an, stets mit demselben Erfolge.

Fünfundzwanzigstes Kapitel.

Ob das Mondlicht in nachweisbarem Grade erwärmt und chemische Wirkungen erzeugt?

Die Frage, ob der Mond in nachweisbarem Grade erwärmt und chemische Wirkungen erzeugt, ist an sich nicht unwichtig in theoretischer Hinsicht, aber auch von Bedeutung für die Rolle, welche der Mond bei Erklärung der meteorologischen Vorgänge einnehmen soll. Dies ist der Grund, weßhalb man die Antwort darauf schon früh auf dem Wege der Erfahrung zu erlangen bemüht war.

So fand z. B. im Jahre 1705 Lahire jun., daß das Mondlicht, selbst nach Concentration in einem Brennspiegel von 0,947 Meter im Durchmesser, den Stand eines äußerst empfindlichen Luftthermoskops von Amontons nicht wahrnehmbar veränderte.

Diesen Versuch, den Tschirnhausen noch früher angestellt hatte, hat man seitdem mehrfach wiederholt, theils mit Spiegeln, theils mit

großen Brenngläsern, und jedes Mal ist das Ergebniß negativ ausgefallen. Erst im Jahre 1846 ist es Melloni geglückt, unter dem schönen Himmel von Neapel, mittelst einer drei Fuß im Durchmesser haltenden Zonenlinse, in deren Brennpunkte ein thermoelektrischer Apparat aufgestellt war, die Nadel seines Instrumentes drei oder vier Grade in der Richtung, die einer Erhöhung der Wärme entsprach, unter dem Einflusse des Mondlichtes fortrücken zu sehen. Die Vorsichtsmaaßregeln, welche der italienische Physiker bei diesem Versuche anwandte, lassen an dem Resultate keinen Zweifel zurück. Aber wie viel diese drei oder vier Grade jenes Melloni'schen Instrumentes in gewöhnlichen Thermometergraden bedeuten, vermag ich nicht anzugeben [14]). Uebrigens kann man sich nicht wundern, wenn trotz der erstaunlichen Hitzeerscheinungen, die man eintreten sieht, sobald Sonnenstrahlen im Brennpunkte einer Linse concentrirt werden, die Wirkung bei Concentration der Strahlen des Mondlichtes dennoch so geringfügig gefunden wird; man braucht nur, um diese große Verschiedenheit zu begreifen, an das Verhältniß zu denken, das, photometrischen Versuchen zufolge, zwischen den Lichtstärken beider Himmelskörper besteht, und das wir oben wie 300000 oder 400000 zu 1 gefunden haben. Man ist also keineswegs, wie z. B. Macrobius that, zu der Annahme genöthigt, die Mondstrahlen würden bei der Reflexion an der Oberfläche des Mondes ihrer ganzen Wärme beraubt.

Nachdem durch die früheren Beobachtungen angeblich erwiesen war, daß das in den Brennpunkten der größten Spiegel oder der größten Sammellinsen concentrirte Mondlicht keine merkliche thermometrische Wirkung hervorbringt, untersuchte man, ob das Mondlicht bei solchen chemischen Substanzen, welche überhaupt für die Einwirkungen des Lichtes am empfindlichsten sind, Farbenänderungen erzeuge. Auch hier kam man auf negative Resultate; doch ging man weiter, als die Schlüsse aus diesen Versuchen zu thun berechtigten, indem man nämlich die Behauptung aufstellte, das Mondlicht vermöge durchaus nicht auf lebende Wesen eine Einwirkung zu üben. Nun ist aber unser Nervensystem in vielen Verhältnissen ein bei Weitem feineres Instrument, als der delicateste Apparat, den jemals ein Physiker ersann. Hat man das Auge im Finstern ausruhen lassen und richtet es dann

auf den Vollmond, so verengt sich die Pupille, d. h. die Oeffnung mitten in der Iris, sehr beträchtlich; man kann sich von diesem Umstande dadurch überzeugen, daß man an einem Galilei'schen Fernrohre das Gesichtsfeld bestimmt, denn bei Fernröhren dieser Gattung hängt das Feld von der Größe der Pupille ab.

Diejenigen, welche meinten, das Mondlicht sei gänzlich ohne Einwirkung auf irdische Körper, müssen nothwendig die so merkwürdige Beobachtung nicht gekannt haben, welche Dufay in den Memoiren der pariser Akademie vom Jahre 1730 mitgetheilt hat; danach werden nämlich der bologneser Stein und andere ähnliche Phosphore oder Leuchtsteine etwas leuchtend, wenn man sie dem Mondscheine aussetzt.

Uebrigens hat diese Frage seit den mannigfaltigen, feinen und so äußerst sinnreichen Untersuchungen und Versuchen, zu welchen die bekannte Entdeckung von Niepce und Daguerre Veranlassung gegeben hat, ein durchaus anderes Ansehen angenommen, und die Photographen sind auf ziemlich viele, sehr empfindliche chemische Compositionen gekommen, die von den Mondstrahlen innerhalb weniger Augenblicke gefärbt werden. Aus diesem Grunde darf man heutzutage nicht mehr sagen, die von unserm Monde zurückgeworfenen Strahlen seien auf Thiere und Pflanzen gänzlich wirkungslos, da aus Versuchen nachgewiesen ist, daß bei der Mehrzahl der photographischen Vorgänge eine hohe Empfindlichkeit auch durch längere Dauer der Einwirkung ersetzt werden kann.

Es war ein so außerordentlich natürlicher Gedanke, die photographischen Verfahren von Niepce und Daguerre auf die Darstellung mancher wissenschaftlichen Objecte anzuwenden, daß man nur schwer begreift, wie Einzelne es sich zum Verdienste anrechnen, ihre hierauf gerichteten Vorschläge veröffentlicht zu haben. Ja es erscheint mir, wenn der Ausdruck gestattet ist, aus dem angeführten Grunde fast kindisch, für photographische Abbildungen der Sonne und des Mondes eine Priorität in Anspruch nehmen zu wollen. Dennoch ist man mit derartigen Reclamationen aufgetreten, und dieser Umstand veranlaßt mich, hier eine Stelle aus dem Berichte folgen zu lassen, den ich zu jener Zeit der Deputirtenkammer abstattete, als man für die damals

noch geheimen Verfahrungsweisen von Daguerre eine Nationalbelohnung zu bewilligen im Begriff stand.

„Als Akademiker kannte ich schon seit einigen Monaten (zur Zeit als der Gesetzvorschlag eingebracht wurde), das Verfahren, welches so vortreffliche Bilder liefert, aber ich hielt es für unerlaubt, aus dem Geheimnisse, dessen Mittheilung ich dem anerkennenswerthen Vertrauen des Herrn Daguerre verdanke, bisher irgend einen Nutzen zu ziehen. Ich war nämlich der Ansicht, daß, bevor wir die weite Laufbahn betreten dürften, welche das photographische Verfahren den Physikern eröffnet, es der Billigkeit entspräche zu warten, bis diese neuen Mittel der Untersuchung durch eine Nationalbelohnung allen Beobachtern ohne Ausnahme zugänglich gemacht wären. Daher kommt es, daß ich, indem ich von dem wissenschaftlichen Nutzen dieser Erfindung unseres Landsmannes rede, darüber nur vermuthungsweise zu berichten im Stande bin. Uebrigens sind die Thatsachen so klar und mit Händen greifbar, daß ich kaum zu fürchten habe, die Zukunft werde mich Lügen strafen.

„Die Platte, wie sie Herr Daguerre präparirt, ist gegen Einwirkung des Lichtes empfindlicher, als alles früher Bekannte. Bisher haben die Mondstrahlen, ich sage nicht in ihrem natürlichen Zustande, sondern sogar wenn sie im Brennpunkte der größten Linse oder des größten Brennspiegels vereinigt waren, durchaus keine nachweisbare physikalische Wirkung ausgeübt; aber die nach Daguerre's Verfahren zubereiteten Platten bleichen unter der Einwirkung der Mondstrahlen und der nachfolgenden Operationen dergestalt, daß die Hoffnung begründet erscheint, man werde einst photographische Karten unseres Satelliten herzustellen vermögen, d. h. man werde im Laufe weniger Minuten eine der langwierigsten, mühsamsten und schwierigsten Arbeiten in der Astronomie ausführen können.“

Meine Voraussicht vom Jahre 1840 hat sich bereits erfüllt; auf verschiedenen Sternwarten hat man vollkommen gelungene photographische Abbildungen des Mondes hervorgebracht[15]).

Sechsundzwanzigstes Kapitel.

Erklärung des aschfarbenen Lichtes.

Bei Gelegenheit der Erklärung der Lichtgestalten des Mondes haben wir den entscheidenden Beweis dafür gefunden, daß das Licht unseres Satelliten von der Sonne entlehnt wird (4. Kap. S. 304).

Eine einzige Schwierigkeit läßt sich gegen diese Erklärung erheben, nämlich die, daß man die volle Kreisscheibe des Mondes auch noch unter Umständen wahrnimmt, wo, der Theorie zufolge, nur ein schmaler Theil derselben sichtbar sein sollte. Das Licht, in welchem man das Gestirn über den direct von der Sonne beschienenen Theil hinaus erblickt, ist verhältnißmäßig sehr schwach, und wird das aschfarbene Licht genannt.

Nach manchen zweifelhaften Vermuthungen ist man auf die eigentliche und unbedingt wahre Ursache dieses Lichtes gekommen.

Am Tage des Vollmondes erleuchten die vom Monde reflectirten Strahlen die Erde in solchem Grade, daß man annehmen darf, ein auf unserm Satelliten befindlicher Beobachter werde die eine Erdhälfte vollständig erkennen können. Ebenso wird man sie auch, freilich etwas weniger hell erleuchtet, am Tage des ersten Mondviertels sehen, und noch schwächer zu der Zeit, wo nur eine schmale Sichel unsere Erde erleuchtet. Auf welche Thatsachen aber haben wir uns bei Erklärung der Lichtgestalten des Mondes gestützt? Auf den Satz, daß der Mond ein dunkler Körper ist, der, an sich selbst nicht leuchtend, sein Licht von der Sonne empfängt; und ferner darauf, daß infolge der von Tag zu Tag geänderten gegenseitigen Stellung von Erde, Mond und Sonne, größere oder kleinere Theile der erleuchteten Mondhälfte von der Erde aus sichtbar sind.

Derselbe Beweis findet eine ganz wörtliche Anwendung auf die Lichtgestalten der Erde für einen auf dem Monde befindlichen Beobachter; nur werden bei der Erde die Lichtgestalten stets die umgekehrten von den Mondgestalten sein, wie sie ein Beobachter auf der Erde erblickt, so daß dem Neumonde die Vollerde entsprechen würde. Wenn der Mond von der Erde aus als eine sehr schmale Sichel erscheint, müßte die Erde sich einem auf dem Monde befindlichen Beobachter als

eine helle Scheibe darstellen, mit einem, der Mondsichel an Gestalt ähnlichen, dunkeln Stücke. Den Mondvierteln würden Erdviertel entsprechen, und endlich würde die Erde am Tage des Vollmondes, vom Monde aus betrachtet, neu, d. h. vollkommen dunkel erscheinen. Erinnert man sich nun (9. Kap. S. 316), daß die Erdoberfläche etwa 13 Mal größer ist, als die Mondfläche, so sieht man leicht ein, daß die Sonnenstrahlen, welche die Erde auf die Mondfläche zurücksendet, hinreichen würden, um nach einer zweiten Reflexion, noch den nicht von den Sonnenstrahlen beleuchteten Theil unsers Mondes sichtbar zu machen.

Ist diese Erklärung des secundären Lichtes, in welchem uns der von dem Sonnenlichte nicht direct getroffene Theil des Mondes erscheint, also die hier aufgestellte Erklärung des aschfarbenen Lichtes die richtige, so ist einleuchtend, daß dieser Schimmer bei zunehmendem Monde, d. h. während sich der Mond dem Vollmonde nähert, an Helligkeit abnehmen muß; daß er dagegen fortwährend an Intensität zunimmt bei abnehmendem Monde, d. h. in dem Zeitraume zwischen dem Vollmonde und dem Verschwinden des Mondes in den Sonnenstrahlen. Damit stimmt in der That der gewöhnliche Verlauf dieser Erscheinung überein.

Siebenundzwanzigstes Kapitel.

Die Erde vom Monde aus gesehen.

Die Lichtgestalten, in welchen die Erde vom Monde aus erscheint, haben uns zur Erklärung des aschfarbenen Lichtes gedient; es gibt indessen noch eine wesentliche Bemerkung, die hier nicht zu übersehen ist. Da dem Monde die Atmosphäre entweder gänzlich fehlt, oder, wenn eine solche dennoch vorhanden wäre, dieselbe äußerst dünn und stets durchsichtig ist, so treffen die Sonnenstrahlen die materiellen Theilchen der Oberfläche, von denen sie zurückgeworfen werden, mit derselben Intensität, dergestalt, daß, wenigstens von diesem Gesichtspunkte aus, alle Lichtgestalten einander an Glanz ähnlich sein müssen. So ist in der That ein Vollmond seinen Vorgängern gleich, und ebenso allen, die ihm nachfolgen werden. Anders aber verhält es sich mit der

Erde, vom Monde aus gesehen, insofern sich, infolge der Rotationsbewegung unserer Erdkugel, der erleuchtete Theil fortwährend verändert. Letzterer enthält ja in größeren oder kleineren Parthieen Länder und Meere, und dadurch müssen, im Laufe von je vierundzwanzig Stunden, beträchtliche und schleunige Wechsel im Glanze der Erdphase, wie sie vom Monde aus erscheint, eintreten. Ist unsere Atmosphäre heiter und durchsichtig, so gelangen die Sonnenstrahlen zum Monde, nachdem sie von den materiellen Theilchen unserer Erdkugel reflectirt und zweimal, beim Kommen und beim Gehen, abgeschwächt worden sind. Wäre die Atmosphäre dagegen ganz bezogen, so würden die von den äußeren Wolkenflächen zurückgeworfenen Strahlen Umfang und Größe der Lichtgestalt begränzen. Denkt man sich die Atmosphäre theilweise hell und theilweise bedeckt, so wird das von der Erde dem Monde zugesandte Licht zum Theil von den Wolken, zum Theil von der Erdoberfläche selbst herkommen; und da nun diese beiden Lichtarten von sehr ungleicher Helligkeit sein müssen, so läßt sich nicht im Voraus beurtheilen, in welchem Glanze sich die Erdphase zeigen wird.

Man bemerkt augenblicklich, daß diese Phasen, vom Monde aus gesehen, in jeder Beziehung wesentlich von den Mondphasen abweichen müssen, wie wir sie von der Erde aus wahrnehmen.

Wenn wir Neumond haben, so ist, wie bereits gesagt wurde, für den Mond Vollerde, und der Mond wird dann durch das Licht einer Scheibe beleuchtet, die etwa 13 Mal die scheinbare Oberfläche des Vollmondes an Größe übertrifft. Hierin liegt, wie wir bereits sahen, die Ursache des aschfarbenen Lichtes. Aber die Oberfläche dieser lichtspendenden Scheibe wird an sich von verschiedener Helligkeit sein, 1) jenachdem sie mehr oder weniger Festländer enthält; 2) jenachdem die Atmosphäre mehr oder weniger durch Wolken verhüllt ist. So kommt es, daß die Intensität des aschfarbenen Lichtes nicht allein von der Größe der Erdphase abhängt, sondern auch von dem mittleren Zustande der Atmosphäre über derjenigen Erdhälfte, welche im Augenblicke der Messung vom Monde aus sichtbar ist.

Intensitätsbeobachtungen können uns also über den mittleren Zustand derjenigen Erdhälfte belehren, welche, infolge der Rotation unseres Erdkörpers der Reihe nach dem Monde gegenübertreten.

Derartige Schlüsse aus Messungen, die auf photometrischen Gründen beruhen, sind an sich merkwürdig genug, um, mit Beiseitelassen aller Theorie, die Versuche wünschenswerth zu machen, direct aus Beobachtungen die Möglichkeit derselben nachzuweisen. Daß diese Möglichkeit in der That vorhanden ist, werde ich im nächstfolgenden Kapitel zeigen, wo ich im Einzelnen Alles zusammenstellen will, was sich vom historischen und photometrischen Gesichtspunkte aus auf das aschfarbene Licht bezieht.

Achtundzwanzigstes Kapitel.

Helligkeit und Farbe des sogenannten aschfarbenen Lichtes.

Jenes secundäre Licht, in welchem wir eine Mondhalbkugel in ihrem ganzen Umfange selbst dann erkennen, wenn uns der von der Sonne beschienene Theil in Gestalt einer dünnen Sichel erscheint, jenes sogenannte aschfarbene Licht haben die Alten bereits wahrgenommen, und die Erklärung desselben hat ihnen nicht wenig Verlegenheit bereitet. Einige alte Astronomen waren der Meinung, der Mond sei schwach phosphorescirend, und dies eigene Licht mache uns die ganze Scheibe des Gestirns auch unter solchen Umständen sichtbar, wo man, nach der Theorie der Lichtgestalten, nur einen kleinen Theil zu sehen erwarten sollte. Wäre diese Annahme indessen richtig, so könnte der Mond bei totalen Verfinsterungen nicht verschwinden, was dennoch bisweilen der Fall ist.

Andere Astronomen, unter ihnen Posidonius, nahmen an, der Mond bestehe aus einem durchsichtigen Stoffe, derart daß die Sonnenstrahlen zuerst durch die direct beschienene Oberfläche hindurchgehen, und dann zu uns in derselben Weise zurückgeworfen werden, wie Licht, das in das Innere einer Wolke eindrang.

Dieser Ansicht huldigten auch Vitellio und Reinhold.

Tycho Brahe dagegen schrieb den Ursprung dieses aschfarbenen Schimmers dem Lichte der Venus zu, welches den von der Sonne aus unsichtbaren Theil der Mondkugel beleuchten, und von dort zur Erde zurückgeworfen werden sollte[16].

Sogar das Licht der Fixsterne sollte nach Einigen die eigentliche Ursache dieses Schimmerlichtes sein; bis endlich Mästlin, den Keppler stets als seinen Lehrer gepriesen hat, die wahre Ursache dieser merkwürdigen Erscheinung in dem Sonnenlichte entdeckte, das, nachdem es auf unserer Erde angekommen, und von hier auf den Mond zurückgeworfen ist, infolge einer abermaligen Reflexion an den festen Bestandtheilen unseres Mondes, zur Erde zurückkehrt. Diese Erklarung erschien zuerst im Jahre 1604 in Keppler's Buche: Astronomiae pars optica. In Italien wird Leonardo da Vinci für den Urheber dieser Erklärung gehalten; sie soll sich in seinen Manuscripten befinden. Obgleich ich weit entfernt bin, diese Thatsache in Zweifel ziehen zu wollen, kann sie dennoch ihrem gefeierten Urheber kein Anrecht auf die erste Entdeckung verschaffen, obwohl sie von seinem Scharfblicke auch in wissenschaftlichen Dingen zeugt. Als wahrer Entdecker kann, bis auf ganz seltene Ausnahmefälle, nur Derjenige gelten, von welchem die erste Veröffentlichung ausging[17]).

Ich habe im Vorstehenden bereits erläutert (S. 373), wie die Intensität des aschfarbenen Lichtes abhängt von der Größe der vom Monde aus sichtbaren Erdphase und von dem jedesmaligen Zustande der Bewölkung. Aus diesem Grunde würde es von großer Wichtigkeit sein, das Verhältniß der Intensitäten dieses Lichtes zu bestimmen; denn es läßt sich zuversichtlich erwarten, daß man dadurch über den Wolkenzustand der Atmosphäre im Augenblicke der Beobachtungen zu merkwürdigen Ergebnissen gelangen würde. Auch erscheint mir eine Auflösung dieses Problems nicht allzu schwierig; meiner Ansicht nach hätte man dabei folgenden Weg einzuschlagen.

Denken wir uns ein Kalkspath-Prisma (es führt sehr uneigentlich den Namen Nicol'sches Prisma), vor das Objectiv eines Rochon'schen Prismenfernrohres gestellt. (S. 88 des 12. Bandes.). Das Nicol'sche Prisma hat, wie bekannt, die Eigenschaft, nur polarisirtes Licht hindurchzulassen.

Fällt der Hauptschnitt dieses Prismas mit dem Hauptschnitte des innen angebrachten Prismas zusammen, so gibt das Fernrohr nur ein einziges Bild von den Gegenständen, auf welche man es richtet. Sobald dagegen die beiden Hauptschnitte nicht mehr zusammenfallen, ent-

steht auf Kosten des ersten Bildes ein zweites, dessen Helligkeit bei fort gesetzter Drehung zunimmt, bis beide Hauptschnitte einen rechten Winkel miteinander machen. Charakteristisch und wichtig ist es bei dieser Methode, daß sich die Helligkeit des zweiten entstehenden Bildes mit jeder wünschenswerthen Genauigkeit nach dem sogenannten Gesetze des Cosinusquadrates berechnen läßt, einem Gesetze, das gegenwärtig auf experimentellem Wege geprüft ist, wie man in meinen Abhandlungen zur Photometrie finden wird.

Es ist also das Hauptbild Eins und das Nebenbild Null für den Fall, wo beide Hauptschnitte zusammenfallen.

Nachfolgende Tafel enthält die Verhältnisse der Lichtstärken beider Bilder für alle Winkel der beiden Hauptschnitte der zwei Prismen:

Neigungen der Hauptschnitte beider Prismen.	Hauptbild.	Nebenbild.
1°	0,99959	0,00041
2	0,99899	0,00101
3	0,99726	0,00274
4	0,99514	0,00486
5	0,99242	0,00758
6	0,98907	0,01093
7	0,98516	0,01484
8	0,98062	0,01938
9	0,97552	0,02448
10	0,96984	0,03016
11	0,96359	0,03641
12	0,95677	0,04323
13	0,94939	0,05061
14	0,94147	0,05853
15	0,93301	0,06699
16	0,92402	0,07598
17	0,91452	0,08548
18	0,90451	0,09549
19	0,89401	0 10599
20	0,88301	0,11699
21	0,87157	0,12843
22	0,85967	0,14033
23	0,84733	0,15267
24	0,83467	0,16533
25	0,82140	0,17860

Neigungen der Hauptschnitte beider Prismen.	Hauptbild.	Nebenbild.
26°	0,80783	0,19217
27	0,79399	0,20601
28	0,77960	0,22040
29	0,76496	0,23504
30	0,75000	0,25000
31	0,73472	0,26528
32	0,71919	0,28081
33	0,70337	0,29663
34	0,68730	0,31270
35	0,67101	0,32899
36	0,65602	0,34398
37	0,63782	0,36218
38	0,62096	0,37904
39	0,60356	0,39644
40	0,58684	0,41316
41	0,56958	0,43042
42	0,55236	0,44764
43	0,53488	0,46512
44	0,51745	0,48255
45	0,50000	0,50000

Beabsichtigt man nun, nach dem Vorstehenden, die Helligkeit des aschfarbenen Theiles der Mondscheibe mit der Helligkeit des direct von der Sonne beleuchteten Theiles zu vergleichen, welcher letztere constant oder wenigstens nahezu constant hell erscheint; so bringt man zuerst die beiden Prismen, das innere und das äußere, in diejenige Stellung, daß ein einziges Bild erscheint, und dreht hierauf z. B. das Nicol'sche Prisma so lange, bis in dem Nebenbilde der direct von der Sonne beleuchtete Theil der Mondscheibe dieselbe Helligkeit erreicht hat, welche der aschfarbene Theil im Hauptbilde besitzt.

Aus vorstehender Tafel kann man alsdann das Intensitätsverhältniß beider Theile der Mondscheibe, wie es vor der Sonderung des Lichtes in zwei Bilder bestand, unmittelbar entnehmen. Befürchtet man etwa, denjenigen Punkt, wo beide Hauptschnitte zusammenfallen, also den Punkt, wo das Nebenbild vollständig verschwindet, nicht hinreichend genau bestimmt zu haben, so kann man diesen Punkt, von welchem aus der Drehungswinkel des Nicol'schen Prisma's gerechnet

werden muß, auch folgendermaaßen bestimmen: man wiederholt den soeben beschriebenen Versuch, indem man das Prisma jetzt nach der entgegengesetzten Seite dreht, und entnimmt dann das Verhältniß der gesuchten Helligkeiten aus unserer Tafel mit der Hälfte des ganzen durchlaufenen Winkels.

Ich bin mir des großen Unterschiedes, der zwischen dem Vorschlage zu einem Versuche und der wirklichen Ausführung desselben besteht, zu wohl bewußt, als daß ich beabsichtigen könnte, den kleinen, soeben beschriebenen Apparat als ein sicheres Mittel zu empfehlen, um das Verhältniß zwischen der Stärke des aschfarbenen Lichtes und dem stets unveränderlichen, oder wenigstens nach bekannten Gesetzen veränderlichen Lichte desjenigen Theils der Mondscheibe zu ermitteln, den die Sonne direct bescheint. Einige Versuche, freilich der Zahl nach nicht hinreichend, um zu allgemeinen Schlüssen führen zu können, sind mir vollkommen gelungen. Um von diesen Versuchen nur die in letzter Zeit angestellten zu nennen, bei welchen mich Hr. Laugier gütigst unterstützte, führe ich an, daß die Intensität des aschfarbenen Lichtes am 16. Mai 1850 der 4000. Theil war von der Lichtstärke, welche die helle Mondscheibe besaß; und daß am 2. Juni desselben Jahres das aschfarbene Licht seiner Helligkeit nach weniger als den 7000. Theil von der beleuchteten Mondsichel betrug.

Nicht ohne Erstaunen wird man hier von einer photometrischen Messung lesen, in welcher die beiden direct verglichenen Lichter im Verhältniß von 1 zu 7000 standen.

Schon Galilei hatte zu bemerken geglaubt, daß das aschfarbene Licht heller sei bei abnehmendem, als bei zunehmendem Monde; aber diese Meinung beruhte nur auf einer ungefähren Schätzung, keineswegs auf irgend einer Messung.

Jener große Naturforscher erklärte sich diesen Helligkeitsunterschied durch die Bemerkung, daß während des abnehmenden Mondes die dem Monde zugekehrte Erdhälfte Europa, Afrika und Asien enthält, wogegen zur Zeit des zunehmenden Mondes in die das aschfarbene Licht hervorrufende Erdhälfte großentheils die flüssige Oberfläche unseres Planeten fällt, nämlich der atlantische Ocean und das stille Meer. (Vergl. den dritten der Galilei'schen D i a l o g e.)

Galilei's Beobachtungen über den größeren Glanz des aschfarbenen Lichtes, zur Zeit des abnehmenden Mondes, wurden späterhin bestätigt durch Hevel und andere neuere Astronomen. Freilich glaubte der danziger Astronom auch bemerkt zu haben, daß die Mondphase beim Abnehmen weniger hell wäre, als beim Zunehmen, woraus, wenn diese Beobachtung an sich zweifellos schiene, hervorgehen würde, daß die westliche Hälfte der Mondscheibe im Allgemeinen das Licht besser reflectirt, als die östliche. Dadurch würde sich aber auch, ohne Beihülfe der verschiedenen Reflexionsfähigkeit der Oceane und der Continente, schon erklären, warum dieser westliche Theil zu der Zeit, wo er uns nur aschfarbenes Licht reflectirt, heller erscheinen müßte, als zu anderer Zeit der östliche Theil.

Vielleicht enthält aber die Osthälfte der sichtbaren Mondscheibe mehr von jenen dunklen Flecken, die auf Riccioli's Karten Meere genannt werden, als auf der westlichen Hälfte vorhanden sind? Dies ist bisher nicht gehörig untersucht worden.

Mit Stillschweigen kann ich hier eine eigenthümliche Beobachtung von Lambert nicht übergehen, die, wenn die Erklärung, die ihr berühmter Urheber davon gegeben hat, richtig ist, ohne Zweifel überaus merkwürdig wäre.

„Am 14. Februar 1774 bemerkte ich, sind die Worte jenes gefeierten berliner Akademikers, daß dies Licht, weit entfernt aschfarben zu sein, vielmehr von olivengrüner Färbung war.....

„Der Mond hatte zu der Zeit 55 Grad mehr Rectascension, als die Sonne, bei einer nördlichen Abweichung von $7^1/_2$ Graden. Er stand senkrecht über dem atlantischen Ocean, während sich die Sonne im Zenith des südlichen Theiles von Peru befand. Damals verbreitete also die Sonne ihren größten Glanz über Südamerika, und wenn nirgend Wolken hinderlich waren, so mußte dieses große Festland dem Monde grünliche Strahlen in hinreichender Menge zusenden, um denjenigen Theil des Mondes, der nicht von directem Sonnenlichte getroffen wurde, in dieser Farbe erscheinen zu lassen. Diesen Erklärungsgrund glaube ich für die Thatsache anführen zu können, daß ich den Schimmer, den man gewöhnlich als aschfarben bezeichnet, damals grünlich gefunden habe.... So kann es wohl geschehen, daß die

Erde, von den Planeten aus gesehen, etwas grünlich erscheint." (Abhandlungen der berliner Akademie v. J. 1773.)

Weiterhin erläutert der Verfasser, daß der Anblick je nach der Güte der Fernröhre, die er zur Beobachtung gebrauchte, verschieden war. Bei dem von ihm angewandten hatte das Objectiv 0,189 Meter Brennweite, das Ocular dagegen 0,027 Meter; die Vergrößerung war also etwa eine siebenfache.

Bereits ehe ich diese Lambert'sche Notiz kannte, hatte ich Gelegenheit gehabt, einige Beobachtungen zu machen, die den angeführten analog sind; doch muß ich bekennen, daß meine Beobachtungen in diesem Punkte nicht mannigfaltig genug sind, um mit Sicherheit behaupten zu können, daß die vorhin erwähnte Erklärung nicht begründet sei. Folgende Stelle entnehme ich meinem Beobachtungshefte vom Jahre 1811.

Mittwoch, 20. November, 7½ Uhr Abends, wahre Zeit. „In einem nicht achromatischen Nachtfernrohre sah ich das aschfarbene Licht äußerst glänzend, aber sehr deutlich in hellgrüner Färbung.

„Wenn ich das Ocular herauszog oder hineinschob, sah ich, wie dies nothwendig geschehen muß, den Rand der Mondsichel durch alle prismatischen Farben hindurchgehen; auch die Ränder der Flecken färbten sich verschieden, so daß die Färbung sich über die ganze Sichel zu verbreiten schien. Was den aschfarbenen Theil der Scheibe betrifft, so blieb dieser fortwährend sehr deutlich olivenfarbig; vermuthlich geschah es infolge seiner Lichtschwäche, daß sich der Rand nicht, wie die Mondsichel, bei Verschiebung des Oculars färbte."

In einem andern Nachtfernrohre, das so achromatisch war, wie es Instrumente dieser Gattung sein können, erkannte ich gleichfalls deutlich jenen grünlichen, matten Schimmer; doch war die Farbe weniger deutlich, als im vorigen Fernrohre.

Die Herren Bouvard und Mathieu, die auf mein Ersuchen ebenfalls den Mond betrachteten, erkannten, in Uebereinstimmung mit mir, Alles so, wie ich es oben anführte.

21. November, 7¼ Uhr wahre Zeit. „Seit gestern ist das aschfarbene Licht schon beträchtlich schwächer geworden; die

grünliche Färbung ist weniger deutlich, obgleich sie sich in dem nichtachromatischen Nachtfernrohre noch immer gut erkennen läßt.

„Beim Verschieben des Oculars durchläuft der von der Sonne beleuchtete Mondrand nach und nach verschiedene prismatische Farben; an dem mattschimmernden (aschfarbenen) Rande dagegen bemerkt man bei keiner Stellung des Oculars Farben.

„In einem vortrefflichen, vollkommen achromatischen Fernrohr von Lerebours, mit etwa 130facher Vergrößerung, war das aschfarbene Licht sehr deutlich zu erkennen; von der grünlichen Färbung dagegen, die noch heute in nichtachromatischen Suchern so auffällig ist, war keine Spur zu erkennen."

Nach allen diesen Beobachtungen könnte ich mich wohl, wie mir scheint, berechtigt halten zu folgern, daß das sogenannte aschfarbene Licht weiß war, und daß man die grünliche Färbung desselben für eine Contrastwirkung zu halten hat, hervorgerufen durch die rothe oder orangerothe Farbe, die man auf dem von der Sonne beschienenen Theile der Scheibe und ebenso am Rande der dunkeln Flecken wahrnimmt. Möglicherweise hat auch die blaugrüne Färbung, welche unsere Atmosphäre über die ganze Mondscheibe verbreiten mußte, einigen Antheil an dieser Erscheinung. Aber die Beobachtungen, ich wiederhole es, hätten vervielfältigt und mannigfaltiger abgeändert werden müssen, als in diesem Falle geschah; die Astronomen von Fach werden leicht finden, was hier noch nachzuholen ist, bevor solche Beobachtungen zu unantastbaren Schlüssen führen können.

Schröter gibt an, das aschfarbene Licht erreiche gewöhnlich seine größte Intensität am dritten Tage, und fügt hinzu, es sei, unter sonst gleichen Umständen, vor dem Neumonde heller, als nach demselben. Wie oben bereits erwähnt wurde, hat schon Galilei einen merklichen Unterschied in der Helligkeit dieses Lichtes bei abnehmendem und bei zunehmendem Monde beobachtet, und zwar fand er ersteres heller als das zweite. Unter Anderem hat man als Erklärungsgrund auch angeführt, daß das Auge empfindlicher sei, nachdem es in der Nacht geruht habe.

Schröter dagegen scheint mehr zu der Annahme geneigt, daß das aschfarbene Licht bei abnehmendem Monde aus dem Grunde heller erscheint, weil alsdann die großen Festländer Afrika, Europa und ein

Theil von Asien und Amerika das Licht auf den Mond reflectiren, während nach dem Neumonde die vom Monde aus sichtbare Erdscheibe hauptsächlich den atlantischen Ocean und das Stille Meer enthält, welche offenbar weniger Licht reflectiren werden, als die festen Theile unserer Erdkugel. Dies ist, wie man sieht, nur die Wiederholung einer schon von Galilei aufgestellten Erklärungsweise.

Zur Zeit der Quadraturen erkennt man das aschfarbene Licht mit mittelmäßigen Fernröhren nicht mehr; in einem siebenfüßigen Spiegelteleskope aber, bei 160facher Vergrößerung, erkannte der lilienthaler Astronom diesen Lichtschimmer noch zwei oder drei Tage nach der ersten Quadratur. Hevel hatte ihn nicht später, als einen Tag nach dieser Epoche wahrgenommen.

Neunundzwanzigstes Kapitel.

Physische Beschaffenheit der von der Erde aus unsichtbaren Mondhälfte.

Wie ich bereits mehrfach Gelegenheit hatte zu bemerken, wendet uns der Mond fortwährend dieselbe Seite zu (S. 319 und 357). Dieser Umstand hat verschiedene Schriftsteller, die einer lebhaften Einbildungskraft den Zügel ließen oder überhaupt zu paradoxen Meinungen geneigt waren, Veranlassung gegeben, über die physische Beschaffenheit der einen Mondhalbkugel die seltsamsten Ideen vorzutragen, indem sie sich sicher fühlten, hierin durch Thatsachen niemals widerlegt werden zu können. So hat man beispielsweise behauptet, die unsichtbare Mondhalbkugel sei concav gestaltet.

Vermuthlich war den Urhebern solcher grundlosen Systeme die Bemerkung entgangen, daß es nur im Groben und Allgemeinen richtig ist, wenn man sagt, der Mond wende uns immer dieselbe Seite zu; daß vielmehr die verschiedenen Arten von Libration, denen unser Satellit unterliegt, nach regelmäßigen Zeitintervallen gewisse östliche oder westliche, nördliche oder südliche Theile der Mondoberfläche sichtbar machen, welche uns zu andern Zeiten vollständig verborgen sind.

Oestlich kann sich die Wirkung dieser Libration nach beiden Seiten

hin bis zu 7° 53′ von der Mondkugel erstrecken; nördlich und südlich nehmen die abwechselnd verdeckten und wiederum sichtbar werdenden Parthieen auf einem durch die beiden Pole des Mondes gelegten größten Kreise 6° 47′ ein. Rechnet man Alles zusammen, so ergibt sich, daß man von unserer Erde aus, zu verschiedenen Zeiten, im Ganzen 0,57 von der Gesammtoberfläche des Mondes beobachten kann, so daß folglich der stets unsichtbare Theil nur 0,43 der Mondoberfläche ausmacht. Nun sind aber die ziemlich beträchtlichen Theile der gewöhnlich unsichtbaren Oberfläche, wenn sie die Libration nacheinander in die sichtbare Halbkugel führt, genau von derselben Beschaffenheit, wie diejenigen Mondgegenden, welche wir stets vor Augen haben; auch diese Landschaften sind erfüllt mit Gebirgen und kreisrunden Thälern, und ihre Krater gleichen vollständig denen, welche die Astronomen auf den Mondkarten verzeichnet haben.

Nahe beim Südpole befinden sich, in der uns gewöhnlich unsichtbaren Halbkugel, außerordentlich hohe Berge, unter ihnen die Berge Dörfel und Leibniz, welche zu der Zeit, wo sie infolge der Bewegung unsers Mondes an den Rand der sichtbaren Halbkugel treten, sehr starke Auszackungen verursachen.

Jene Systematiker, die ich hier zu widerlegen beabsichtige (obgleich dies im Grunde kaum noch erforderlich sein mag), müssen also die abweichende Beschaffenheit, welche sie der von uns abgewandten Mondhalbkugel beigelegt wissen wollen, auf 0,43 statt auf die wirkliche Hälfte der Gesammtoberfläche beschränken; dazu nöthigen sie die Schwierigkeiten, die aus den Librationserscheinungen entstehen, an welche sie nicht gedacht hatten.

Aus gewissen Beobachtungen des älteren Cassini, die Herschel wiederholt und vervollkommnet hat, scheint hervorzugehen, daß auch die Jupitersmonde ihrem Planeten stets dieselbe Seite zukehren. Denken wir uns Jupiter in Opposition mit der Sonne und den Jupitermond gleichfalls in Opposition mit derselben; dann ist seine der Erde zugewandte Seite diejenige, welche stets dem Planeten zugewandt ist; nach Verlauf eines halben Umlaufs wird dann die von der Sonne beschienene, und der Erde zugewandte Seite diejenige, welche vom Planeten aus stets unsichtbar ist. Es scheint aber in dieser zweiten Stellung der

Satellit denselben Glanz zu besitzen, als in der vorhin betrachteten ersten; deßhalb besitzen die beiden gegenüberliegenden Seiten des Jupitermondes gleiche Gestalt und gleiche Beschaffenheit, wenigstens verräth keine Helligkeitsverschiedenheit eine andere Beschaffenheit. Eine ähnliche Beobachtung ließe sich zu der Zeit anstellen, wo sich Jupiter in der Nähe seiner Conjunction mit der Sonne befindet.

Auch die Beobachtungen der Saturnsmonde würden zu ähnlichen Folgerungen führen.

Wenn alle diejenigen Monde, an welchen man in dieser Beziehung ausreichende Beobachtungen hat anstellen können, dem Planeten, um welchen sie sich bewegen, stets dieselbe Seite zukehren, so läßt sich dies durch die Annahme erklären, daß die Monde nach den Mittelpunkten ihrer Bewegungen hin verlängert sind, wie dies schon Lagrange für den Erdmond annahm (10. Kap. S. 321, 11. Kap. S. 332); aber diese Beobachtungen bieten durchaus Nichts, was uns berechtigen könnte, eine Verschiedenheit der Gestalt oder der Beschaffenheit anzunehmen, wie man dies von den beiden Halbkugeln unseres Mondes hat behaupten wollen.

Dreißigstes Kapitel.

Tag und Nacht auf dem Monde.

Mit Ausnahme gewisser engbegränzten Gegenden in der Nähe der Pole des Mondes folgen sich auf unserem Satelliten Tag und Nacht mit großer Regelmäßigkeit, und auch die Ungleichheit der verschiedenen Tage ist äußerst gering.

Die mittlere Dauer eines Mondtages beträgt die Hälfte der synodischen Umlaufszeit, also 14 T. 18 St. 22 Min. 1,4 Sec.

Wäre nicht die beträchtliche Bewegung der Knoten der Mondbahn vorhanden, so würde der längste Tag an den Polen ein halbes Erdjahr betragen; infolge dieser Bewegung aber reducirt sich die Dauer auf 179 Tage. Indessen schon in 46000 Meter (noch nicht 6 Meilen) Abstand von den Polen beträgt der Unterschied des längsten Tages nur das Zweifache eines mittleren Tages.

In folgender Tafel findet man die Dauer des längsten und des kürzesten Tages für die verschiedenen Breitenparallele des Mondes.

Nördl. oder südl. Breite.	Dauer des längsten Tages.			Dauer des kürzesten Tages.		
0°	354 St.	22 M.	1 S.	354 St.	22 M.	1 S.
5	354	37	28	354	6	34
10	354	53	9	353	50	53
15	355	9	19	353	34	43
20	355	26	15	353	17	47
25	355	44	18	352	59	42
30	356	3	54	352	40	8
35	356	25	34	352	18	28
40	356	49	6	351	54	56
45	357	18	30	351	25	32
50	357	52	22	350	51	40
55	358	34	7	350	9	55
60	359	27	47	349	16	15
65	360	40	40	348	3	22
70	362	25	19	346	18	43
75	362	21	40	343	22	22
80	371	6	31	337	37	31
82	375	25	0	333	19	2
84	382	38	45	326	5	17
86	397	28	10	311	15	52
88	449	27	53	259	16	9

Zum Schlusse bemerke ich noch, daß der mittlere Tag auf dem ersten Mondmeridiane 354 St. 55 M. 57. S. beträgt, auf dem 180. Meridiangrade dagegen 353 St. 48 M. 3 S.

Einunddreißigstes Kapitel.

Ob auf dem Monde helle, selbstleuchtende Punkte, etwa noch gegenwärtig thätige feuerspeiende Berge vorhanden sind?

Allerdings bemerkt man auf dem Monde kleine, engbegränzte Regionen, die durch ihren Glanz die ganze übrige Scheibe in so hohem Grade übertreffen, daß einige in ihren Vorstellungen sehr nüchterne und vorsichtige Astronomen sogar angenommen haben, diese Ver-

schiedenheit rühre von einem eigenen Lichte her, welches das von der starren Mondfläche nach der Erde zurückgeworfene Sonnenlicht verstärke.

So war z. B. Hevel der Meinung, der Flecken Aristarch sei ein noch gegenwärtig thätiger Vulkan; Andere dagegen sprachen die Vermuthung aus, der stärkere Glanz dieser Stelle auf dem Monde hinge von einer parabolischen Gestalt des Berges ab, denn bei einer solchen Gestalt müssen die von den Bergwänden zurückgeworfenen Sonnenstrahlen sich im Brennpunkte vereinigen, und von diesem Punkte ausgehend, durch eine zweite Reflexion an denselben Wänden sich in ein Büschel paralleler Strahlen verwandeln, welches dann bis zu jedweder Entfernung hin dieselbe Lichtstärke unverändert behält. Es ist aber offenbar, daß die auf die angegebene Weise zurückgeworfenen Strahlen die Erde nur in dem ganz ausnahmsweisen Falle erreichen könnten, wo die Axe des Paraboloids auf die Erde gerichtet wäre. Schon die allergeringste Librationsbewegung des Mondes würde hinreichen, um dies Büschel paralleler Strahlen über oder unter der Erde hinwegzuführen. Bei genauerer Betrachtung ist aber auch eine natürliche Verschiedenheit der lichtreflectirenden Stoffe vollkommen ausreichend, um diejenigen Helligkeitsunterschiede zu erklären, welche man in den verschiedenen Regionen der Mondscheibe wahrnimmt.

Um die in der Ueberschrift dieses Kapitels aufgestellte Frage zu beantworten, hat man sich, und zwar mit allem Rechte, an die Beobachtung der Nachtseite des Mondes gehalten. Hierbei darf man jedoch nicht übersehen, daß wenn ein Theil der Mondscheibe nicht vom Sonnenlichte getroffen wird, derselbe wenigstens von der Erde aus einige Beleuchtung empfängt; sobald dies aber der Fall ist, werden diejenigen Stellen, welche bei direktem Sonnenscheine die hellsten sind, nothwendig auch im aschfarbenen Lichte besonders hell hervorleuchten. Aus diesem Grunde beweist die Wahrnehmung hellerer Punkte, die sich vor dem übrigen Theile auf der Nachtseite auszeichnen, noch bei Weitem nicht, daß solche Punkte ein eigenthümliches Licht besitzen. Es ist nun zwar richtig, daß diejenigen, welche das Vorhandensein eigenen Lichtes an verschiedenen Stellen, insbesondere im Aristarch, behaupteten, sich dabei mehr noch auf die schnellen Aenderungen der Größe und des Glanzes bei diesem Flecken beriefen, als auf seine ab-

solute Helligkeit; indessen darf man nicht übersehen, daß dieser Theil des aschfarbenen Lichtes, in welchem Aristarch belegen ist, gewöhnlich nur ziemlich tief am Horizonte sich beobachten läßt, d. h. durch jene dickeren Dunstschichten der Atmosphäre hindurch, wo man auch die von der hellen Mondsichel abgetrennten, direct vom Sonnenscheine getroffenen Bergspitzen oft plötzlich und sehr deutlich ihr Aussehen verändern sieht. Dieser Bemerkung eingedenk, mögen sich die Beobachter hüten, in den Irrthum, den ich hier bekämpfe, zu verfallen, nämlich plötzliche Helligkeitswechsel, die bestimmt in unserer Atmosphäre ihren Ursprung haben, in wirkliche Vorgänge im Flecken Aristarch zu verwandeln.

Die Vorstellung, daß im Monde Vulkane vorhanden seien, die noch gegenwärtig feurige Ausbrüche hätten, ist schon bei einigen Beobachtern aufgetreten, die von Natur zum Wunderbaren geneigt waren. Indessen gab es auch andere Astronomen, die bei ruhigerer Betrachtung der Verhältnisse die Vorstellungen ihrer Zeitgenossen nicht theilten. So kommt z. B. folgende Stelle vor in einer Lahire'schen Abhandlung in den Memoiren der pariser Akademie vom Jahre **1706**, S. **111**: „Der kleine Flecken Aristarch, der so hellglänzend ist, daß er von Einigen für einen feuerspeienden Berg gehalten wurde, und von dem man annahm, er besitze ein eigenes Licht, das ihm mehr Glanz verleihe, als die übrige Scheibe besitzt, ist nichts Anderes, als eine kleine Höhlung, die sich, wenn sie sich am Schattenrande befindet, kaum von den übrigen, benachbarten Höhlungen unterscheiden läßt."

Die Ansicht, an welche ich mich in Betreff der angeblichen Vulkane oder des eigenen Lichtes auf der Mondfläche halte, wird mich nicht hindern, hier alle diejenigen Beobachtungen zusammenzustellen, welche möglicherweise zu der entgegengesetzten Ansicht führen zu können scheinen; denn meine Absicht ist nur darauf gerichtet, die Rolle des Berichterstatters zu spielen, während der Leser selbst nachher in Stand gesetzt werden soll, in voller Kenntniß der Verhältnisse sein Urtheil zu bilden.

Louville will, bei Gelegenheit der totalen Verfinsterung vom 3. Mai **1715**, auf der Oberfläche des Mondes „ein gewisses Blitzen oder plötzliches Aufzucken leuchtender Strahlen bemerkt haben, wie man

es beim Anzünden sogenannter Lauffeuer wahrnimmt, deren man sich beim Minensprengen bedient. . . . Diese Lichtblitze währten nur einen Augenblick, und leuchteten bald hier bald dort, besonders aber an der Stelle des Eintritts."

Louville hat diese Lichtblitze nur am Ostrande bemerkt, Andere wollen sie jedoch bis zum Mittelpunkte hin wahrgenommen haben; die Meinung jenes Beobachters geht dahin, daß zur Zeit der Finsterniß in der Mondatmosphäre Gewitter stattfanden, und daß die schlängelnden Blitze, die er beobachtet hatte, den irdischen Blitzen ähnlich waren, die bei uns dem Donner vorhergehen.

Bei aller Achtung, die ein so ausgezeichneter Beobachter, wie Louville verdient, und bei der hohen Verehrung, welche man für Halley hegen muß, an dessen Seite jene Beobachtungen angestellt wurden, könnte man doch wohl auf die Vermuthung kommen, daß jene geradlinigen oder schlangenförmigen Lichtblitze unserer Atmosphäre angehörten, und nur durch Projection auf der Mondscheibe gesehen wurden.

Diejenigen Astronomen, welche bei Sonnenbeobachtungen wahrgenommen haben, wie häufig lichte Punkte durch das Gesichtsfeld ziehen, werden meinen Zweifel gewiß nicht ungerechtfertigt finden. Stets sind Sternschnuppen von allen Größen vorhanden, und zwar bei Tage sowohl, als bei Nacht; konnten nicht jene lichten Erscheinungen, die Louville und Halley im Jahre 1715 beobachteten, vielleicht sehr kleine Sternschnuppen sein? Selbst die geschlängelte Gestalt würde keinen Einwurf bilden, da man bisweilen auch Sternschnuppen in schlangenförmigen Bahnen wahrgenommen hat.

Den Lichtpunkt, den Don Antonio de Ulloa während der totalen Sonnenfinsterniß im Jahre 1778 beobachtete, hat damals kein anderer Astronom wahrgenommen; derselbe rührte ganz bestimmt von einer optischen Täuschung her, nicht aber von einer wirklichen feurigen Erscheinung, die bei jener Gelegenheit auf der Mondoberfläche stattgefunden hätte.

Wenden wir uns jetzt zu Zeugnissen, welche von einer Autorität ersten Ranges herrühren, und die auf den ersten Anblick meine Zweifel gänzlich vernichten zu müssen scheinen.

Ende April 1787 legte Herschel der Royal Society zu London eine Abhandlung vor, deren Titel: „Ueber drei Vulkane auf dem Monde" allgemeines Aufsehen erregen mußte. Der Verfasser berichtet darin, er habe am 19. April 1787 auf der dunkeln Nachtseite des Mondes drei feuerspeiende Berge beobachtet; zwei derselben schienen im Verlöschen, während der dritte in voller Thätigkeit war. Und so stark war damals Herschel von der Wirklichkeit der Erscheinung überzeugt, daß er, am Tage nach seiner ersten Beobachtung, schrieb: „Der Vulkan brennt noch heftiger, als vorige Nacht." Der wirkliche Durchmesser des vulkanischen Scheines betrug etwa 5000 Meter, und an Helligkeit übertraf dies Licht merklich den Kern des damals sichtbaren Kometen. Der Beobachter fährt hierauf fort: „Alle in der Nähe des Kraters belegenen Gegenstände werden durch das Licht, welches ihm entströmt, schwach beleuchtet. Endlich, schließt er, gleicht dieser Ausbruch in hohem Grade demjenigen, den ich am 4. Mai 1783 beobachtete."

Auf die Frage über die noch gegenwärtig thätigen Mondvulkane kam Herschel nicht früher als im Jahre 1791 zurück. In dem Bande der Philos. Trans. für das Jahr 1792 berichtet er, daß, als er am 22. October 1790 ein 18füßiges Spiegelteleskop, mit etwa 360facher Vergrößerung, auf den total verfinsterten Mond richtete, auf der ganzen Oberfläche des Gestirnes etwa 150 rothe, hell leuchtende Punkte wahrnehmbar waren. In Betreff der großen Aehnlichkeit aller dieser Punkte untereinander, ihres großen Glanzes und ihrer merkwürdigen Farbe, erklärt der Verfasser sich jedes Ausspruchs enthalten zu müssen.

Ist denn aber nicht Roth beständig die Farbe des total verdunkelten Mondes, wenigstens in allen den Fällen, wo er nicht vollständig verschwindet? Und könnten wohl diejenigen Sonnenstrahlen, welche infolge einer in den untersten Schichten der Erdatmosphäre erlittenen Refraction auf unsern Satelliten gelangen, überhaupt in einer andern, als rothen Farbe erscheinen? Sind endlich nicht in dem unbehindert und von vorn durch die Sonne beleuchteten Monde ein- bis zweihundert kleine Punkte vorhanden, welche sich durch Lebhaftigkeit ihres Lichtes auszeichnen? Und wäre es denn denkbar, daß diese Punkte nicht gleich-

falls auf der Mondscheibe hervorleuchten müßten, wenn sie nur von demjenigen Theile des Sonnenlichtes getroffen werden, welcher die stärkste Brechung in unserer Atmosphäre erfahren hat?

Man darf wohl eingestehen, daß diese Einwendungen uns, in Betreff der Erklärung jener Herschel'schen Beobachtung von so zahlreichen Lichtpunkten im aschfarbenen Lichte des Mondes, wenigstens zweifelhaft lassen müssen.

Doch wenden wir uns nun zu einer Beobachtung anderer Art, die in den Philos. Trans. mitgetheilt wird, und welcher das Interesse, das ihr Maskelyne, der damalige gelehrte Director der greenwicher Sternwarte zuwendete, einige Berühmtheit verschafft hat.

Am 7. März 1794, gegen 8 Uhr Abends, bemerkte ein Architekt zu Norwich, Namens Wilkins, ein Licht, wie einen Stern dritter Größe, vor dem dunkelen Theile des Mondes, der noch nicht im ersten Viertel stand. Nur etwa fünf Minuten währte die Erscheinung dieses Lichtpunktes, der weder Lage noch Gestalt veränderte. Dem Anscheine nach stand er weniger entfernt von der concaven, beleuchteten Sichel, als vom unsichtbaren Ostrande des Mondes (Fig. 297).

Ein Diener der Lady Booth hatte in London dieselbe Erscheinung bemerkt. Durch Nachforschen über die Zeit der Erscheinung, die Höhe und Stellung des Mondes, bezogen auf diejenigen Dächer der Häuser in St. John's-Square, über welchen der Mond leuchtete, ermittelte Maskelyne, daß die londoner Beobachtung in genügender Weise mit der zu Norwich angestellten übereinstimmte.

Fig. 297. — Erscheinung eines Lichtes, das einem Sterne dritter Größe glich, im dunkeln Theile der Mondscheibe, am 7. März 1794.

Diese Thatsache könnte man also für ziemlich gesichert ansehen. Nur leider bedeckte der Mond an jenem Abend des 7. März den Stern Aldebaran mit dem nördlichen Theile seiner Scheibe. Könnte man nicht allenfalls vermuthen, daß

sowohl Wilkins als der Diener von Lady Booth den Aldebaran sahen, nicht aber eine außerordentliche Lichterscheinung; daß sie sich beide über die Stellung täuschten, und daß sie, durch ein falsches Urtheil geleitet, den hellen Punkt, der sich außerhalb der Mondscheibe befand, in das Innere derselben versetzten?

Gegen diesen Einwand erwiderte Maskelyne, daß Aldebaran hinter den dunkeln Ostrand trat, mehr als eine Stunde bevor nach der Beobachtung zu Norwich und London jener Lichtpunkt verschwand, und daß das Wiedererscheinen des Sternes am hellen Westrande erst um 7 Uhr 30 Minuten stattfand. Man müßte also einen Irrthum von einer ganzen Stunde in dem beobachteten Zeitmomente des Verschwindens jenes Lichtpunktes annehmen, eine Voraussetzung, die der Director der greenwicher Sternwarte für unzulässig hielt. Wollte man andrerseits indessen behaupten, der beobachtete Punkt sei Aldebaran nach geschehenem Austritte gewesen, d. h. nachdem der Stern bereits hinter dem Monde hevorgekommen war, so bliebe noch zu erklären, wie eine Erscheinung, die in der That westlich vom Monde eintrat, östlich von demselben gesehen werden konnte.

Gegen alle diese Schlüsse läßt sich, sollte man meinen, Nichts einwenden; doch frage ich mich, wie es kommt, daß die Beobachter zu Norwich und zu Greenwich, welche mit solcher Aufmerksamkeit den hellen Punkt westlich, innerhalb der Mondscheibe, schildern, nicht mit einem einzigen Worte des hellen Punktes (Aldebaran) erwähnen, der um 8 Uhr im Westen ganz in der Nähe des Mondes erglänzte?

Nicht ohne Erstaunen wird man in dem Vorstehenden bisher den Namen Schröter's vermißt haben. Doch kann ich versichern, die so umfängliche Selenotopographie dieses Verfassers durchblättert zu haben, ohne über die hier angeregte Frage irgend eine bestimmte Notiz aufgefunden zu haben.

Was die Herren Beer und Mädler betrifft, so behaupten diese beiden Astronomen mit Entschiedenheit, daß sie während ihrer langen und mühsamen Beobachtungen über die physische Constitution des Mondes niemals irgend Etwas bemerkt haben, das sie zu der Annahme hätte veranlassen können, daß im Monde noch gegenwärtig thätige

Vulkane vorhanden wären; noch haben sie Etwas von einer Atmosphäre wahrgenommen, in welcher Stürme und Unwetter vorkämen, wie wir solche in gewissen Jahreszeiten auf der Erde erleben.

Ueber Alles, was über die Mondvulkane bisher geschrieben worden ist, habe ich mich nur des Zusammenhangs wegen so ausführlich verbreitet, den man, wie in einem nachfolgenden Buche gezeigt werden wird; zwischen diesen angeblichen feuerspeienden Bergen und den Aerolithen hergestellt hatte.

Zweiunddreissigstes Kapitel.

Ueber den rauhen Aprilmond.

„Ich freue mich, Sie um mich versammelt zu sehen," sagte eines Tages Ludwig XVIII. zu den Mitgliedern einer Deputation des Längenbureau, die dem Könige die Connaissance des Temps und das Annuaire überreichte, „denn Sie werden mir genau sagen können, was eigentlich der Aprilmond (lune rousse) für eine besondere Bedeutung hat, und auf welche Weise er von Einfluß auf die Ernte ist." Laplace, an den diese Worte insbesondere gerichtet waren, stand wie niedergeschmettert; denn er, der über den Mond so Vieles geschrieben hatte, hatte dennoch niemals über die sogenannte lune rousse nachgedacht. Fragend wendete er den Blick auf seine Collegen, da aber Niemand unter diesen das Wort ergreifen zu wollen schien, entschloß er sich endlich selbst zur Antwort, und erwiderte: „Sir, in unsern astronomischen Theorieen ist vom Aprilmonde keine Rede; wir sind deßhalb außer Stande, Euer Majestät Wißbegier zu befriedigen." Als der König Abends beim Spiele saß, äußerte er sich mit lebhafter Freude über die Verlegenheit, in welche er die Mitglieder seines Längenbureau gesetzt hatte. Davon hörte Laplace, und kam auf die Sternwarte mich zu fragen, ob ich ihm Etwas über diesen berüchtigten Aprilmond mitzutheilen wüßte, der diese Unannehmlichkeit veranlaßt hatte. Ich versprach ihm, mich danach bei den Gärtnern im Jardin des

plantes und bei andern Gartenbauern zu erkundigen. Dies war der Ursprung des gegenwärtigen Kapitels.

Ich bin zwar weit von dem Gedanken entfernt, irgend etwas Verdienstliches für die Betrachtungen zu beanspruchen, die ich in Betreff des Aprilmondes angestellt habe; da ich indessen finde, daß die nachfolgende Erklärung ihrem wesentlichen Inhalte nach, ohne Angabe der Quelle, aus welcher die Verfasser geschöpft haben, in neuen Schriften mehrfach wiederholt worden ist; so will ich, um jeder Vermuthung, als beginge ich selbst ein Plagiat, meinerseits auszuweichen, hier bemerken, daß diese Betrachtungen zuerst im Annuaire des Längenbureau für 1827 erschienen, dergestalt daß ich im streitigen Falle sogar fast unwillkürlich auf die gesetzlichen Vorschriften mich berufen könnte.

Es ist ein, besonders in der Nähe von Paris, allgemein verbreiteter Glauben, der Mond besitze in gewissen Monaten einen großen Einfluß auf die Vegetationserscheinungen; vielleicht haben sich die Gelehrten allzuschnell bewogen gefunden, diese Ansicht jenen Volksvorurtheilen beizuzählen, welche keine genauere Prüfung verdienen. Der Leser selbst möge darüber urtheilen.

Unter lune rousse verstehen die Gärtner denjenigen Mond, der im April beginnend, entweder gegen Ende desselben Monats oder häufiger im Laufe des Mais voll wird. Ihrer Meinung nach hat das Mondlicht im April und Mai nachtheiligen Einfluß auf die jungen Triebe der Pflanzen; sie wollen nämlich die Beobachtung gemacht haben, daß wenn der Himmel Nachts heiter ist, Blätter und Knospen, welche diesem Lichte ausgesetzt sind, braun werden und verdorren, d. h. erfrieren, wenngleich das Thermometer in der Luft mehrere Grade über Null steht. Sie fügen noch hinzu, daß wenn bedeckter Himmel die Mondstrahlen auffängt, und zu den Pflanzen zu gelangen verhindert, diese Wirkung nicht mehr stattfindet, selbst wenn die sonstigen Temperaturverhältnisse durchaus gleiche sind. Im ersten Augenblicke könnte man fast meinen, das Mondlicht müsse eine gewisse erkältende Kraft besitzen; und doch hat man niemals, wenn man die allerempfindlichsten Thermometer in den Brennpunkt großer Linsen oder Brennspiegel brachte, irgend eine Erscheinung bemerkt, welche eine so seltsame Folgerung rechtfertigen könnte. Deshalb halten auch gegen-

wärtig die Physiker diesen Einfluß des Aprilmondes für ein Vorurtheil des Volkes, während andererseits die Gärtner an der Richtigkeit ihrer Wahrnehmung festhalten. Durch eine schöne Entdeckung, die Wells vor mehreren Jahrzehnten gemacht hat, wird es mir, hoffe ich, möglich werden, diese beiden Meinungen, die anscheinend im vollen Widerspruch miteinander stehen, zu vereinigen.

Vor Wells war nämlich Niemand auf den Gedanken gekommen, daß die Körper an der Erdoberfläche (abgesehen von dem Falle schneller Verdunstung) Nachts eine Temperatur annehmen könnten, die von dem Temperaturgrade der umgebenden Luft verschieden wäre; diese Thatsache ist heutzutage indessen ausgemacht. Legt man kleine Massen Baumwolle, oder Eiderdunen unter freiem Himmel aus, so findet man ihre Temperatur 6, 7, ja 8 Centesimalgrade unter der der freien Lufttemperatur. Genau in demselben Falle befinden sich auch die Pflanzen; und man kann deshalb über den Kältegrad, dem eine Pflanze bei Nacht ausgesetzt gewesen, nicht ausschließlich nach den Angaben eines in freier Luft aufgehängten Thermometers urtheilen. Die Pflanze kann stark gefroren sein, während die Lufttemperatur die ganze Nacht hindurch ununterbrochen mehrere Grade über Null war.

Diese Temperaturverschiedenheiten zwischen festen Körpern und der Atmosphäre betragen nur bei durchaus heiterem Himmel 6, 7 oder 8 Grade des hunderttheiligen Thermometers; ist dagegen der Himmel bedeckt, so verschwindet der Unterschied gänzlich, oder wird wenigstens unmerklich.

Nach dem Vorstehenden wird es kaum noch nöthig sein, den Zusammenhang nachzuweisen, in welchem diese Erscheinungen mit der Ansicht der Gärtner über den rauhen Aprilmond stehen.

In den April- und Mainächten ist die Lufttemperatur häufig nur 4, 5 oder 6 Centesimalgrade über Null, und in diesem Falle können die dem Mondlichte ausgesetzten Pflanzen, trotz der Angabe des Thermometers, erfrieren. Scheint dagegen wegen bedeckten Himmels der Mond nicht, so sinkt die Temperatur der Pflanzen nicht unter die der Atmosphäre, und es tritt kein Erfrieren ein, wenn nicht das Thermometer unter Null herabgeht. Sonach ist die Behauptung der Gärtner ganz richtig, daß eine Pflanze bei ganz gleichen Thermometerangaben

erfriert oder nicht erfriert, jenachdem der Mond scheint, oder hinter Wolken verborgen bleibt: wenn die Gärtner irren, so ist es nur in ihren Folgerungen, indem sie die besprochene Wirkung dem Mondlichte selbst zuschreiben. Letzteres ist hier aber nur das Zeichen für die Heiterkeit der Atmosphäre; infolge des klaren Himmels erfrieren die Pflanzen bei Nacht, und der Mond ist dabei von keinem Einfluß; ob der Mond untergegangen ist oder über dem Horizonte steht, ist gleichgültig, die Erscheinung findet nichtsdestoweniger Statt. Jene Beobachtung der Gärtner erweist sich zwar als unvollständig, aber für irrig hält man sie mit Unrecht.

Dreiunddreißigstes Kapitel.

Ob der Mond auf die Wolken unserer Atmosphäre von Einfluß ist?

Der Mond verzehrt die Wolken (mange les nuages) ist eine in Frankreich sehr gebräuchliche Redensart unter den Landbewohnern und besonders unter den Seeleuten. Genauer ausgedrückt soll dies heißen: die Wolken haben, wenn sie vom Mondscheine getroffen werden, das Bestreben sich aufzulösen. Man darf diese Meinung gewiß nicht für ein jeder Prüfung unwürdiges Vorurtheil halten, wenn man sieht, daß ein so berühmter und so vorsichtiger Gelehrter, wie Sir John Herschel ist, sich für die Richtigkeit derselben verbürgt. Die Erklärung oder vielmehr der innere Zusammenhang der Gedanken und Betrachtungen, durch welche der englische Astronom die für wahr betrachtete Thatsache an die bekannten Gesetze der Wärmestrahlung anknüpft, wird folgendermaßen gegeben.

Seiner großen Schwäche wegen bringt das Mondlicht, wie bereits oben erwähnt wurde, keine wahrnehmbaren Wärmewirkungen hervor, selbst wenn man die Thermometer im Brennpunkte der größten Linsen oder Brennspiegel aufstellt; ohne gegen die einfachsten Sätze der Logik zu verstoßen, könnte man also dem Mondlichte nicht die geringste Einwirkung auf die die Wolken bildenden Theilchen zuschreiben, besonders wenn man bedenkt, daß dies Licht die Wolken trifft, ohne

vorher condensirt zu sein. Befindet sich denn aber, frage ich, das Mondlicht, wenn es auf der Erdoberfläche ankommt, wo doch ohne Ausnahme die Versuche mit Linsen und Brennspiegeln angestellt worden sind, genau in demselben Zustande, als wenn es in unsere Atmosphäre erst bis zu derjenigen Region eingedrungen ist, in welcher sich die Wolken gewöhnlich befinden? Dies ist in hohem Grade zweifelhaft.

Ist der Mond z. B. voll, so ist er mehrere Tage hindurch, ohne irgend eine Unterbrechung, von der Sonne erwärmt worden, und seine Temperatur hat sich sehr gesteigert; ja einige Physiker sind, nicht ohne annehmbare Gründe, so weit gegangen, zu behaupten, alle Gegenstände an der Oberfläche unsers Satelliten müßten alsdann wenigstens bis zum 100. Grade des hunderttheiligen Thermometers erhitzt sein.

Läßt man aber diese Annahme gelten, so finden sich die von einem solchen Körper ausgehenden Wärmestrahlen mit den Licht- und Wärmestrahlen vermengt, die von der Sonne ausgehen, und befolgen denselben Weg.

Die Strahlen beider Art werden aber von unserer Atmosphäre verschiedenartig gesiebt: die von der glühenden Sonnenoberfläche kommenden Licht- und Wärmestrahlen gehen ungehindert durch unsere Atmosphäre hindurch, während die von einer nur mittelmäßig heißen, etwa 100 Grad besitzenden Quelle ausgehenden Wärmestrahlen, in der Atmosphäre zum großen Theile aufgehalten werden; dieser Umstand ist durch Versuche an der Oberfläche der Erde vollkommen ausreichend erwiesen.

Man würde also sehr Unrecht haben, wollte man die Wärmewirkung, welche die Mondstrahlen möglicherweise auf unsere Wolken ausüben, aus derjenigen Wirkung folgern, welche diese Strahlen auf Körper äußern, die in der dichten Atmosphäre befindlich sind, in welcher wir leben. Jene Strahlen verändern nämlich ihren Zustand erheblich, indem sie durch die obersten Luftregionen hindurchgehen. Vorher vermischt mit zahlreichen dunkeln Wärmestrahlen, die vom Monde ausgehen, haben sie diese Wärmestrahlen, die sie noch in der Wolkenregion besaßen, unterwegs fast sämmtlich verloren, auf ihrem Wege von der

Wolkenschicht bis zum Boden, wo sie bei ihrem Eintreffen ganz anders beschaffen sind, als anfänglich.

Ueber die Wirkungen, welche sie vielleicht vor dieser Umwandlung ausgeübt haben, kann man also nicht auf Grund derjenigen Wirkungen urtheilen, welche sie, man könnte fast sagen nach erfolgter Abkühlung, noch hervorrufen[18].

Kurz, wenn man eingedenk ist, daß diejenigen Strahlen, welche die Wolken zerstreuten, ganz verschieden waren von denen, deren Wärmekraft man im Augenblicke ihrer Ankunft auf der Erdoberfläche zu messen versucht hat; so bleibt an der Thatsache, die ich oben noch als ein Vorurtheil bezeichnete, kein Widerspruch mit den physikalischen Gesetzen zurück, und es ist damit abermals durch einen neuen Fall erwiesen, daß die Volksmeinung nicht ungeprüft zurückgewiesen werden durfte.

Vierunddreißigstes Kapitel.

Von den Mondsüchtigen und der angeblichen Einwirkung des Mondes auf lebende Wesen und besonders auf gewisse Krankheiten.

Mit dem Worte mondsüchtig (franz. lunatique, engl. lunatic) bezeichnet man Leute, die von Zeit zu Zeit ihrer Vernunft beraubt sind. Fragt man, woher diese Bezeichnung stamme, so bin ich außer Stande, die Antwort darauf zu geben; aber eine bemerkenswerthe, niederschlagende Beobachtung mag ich hier nicht unterdrücken. Ich habe nämlich gefunden, daß viele hervorragende Gelehrte, die bei allen andern Gelegenheiten Proben großer Weisheit und Vorsicht abgelegt haben, jedes Mal in große Uebertreibung verfallen sind, und unglaublichen Seltsamkeiten nachgingen, sobald sie sich mit dem Monde beschäftigten. Diese Behauptung werde ich durch einige Anführungen belegen, damit man mich nicht beschuldigen könne, in diesem Augenblicke unter demselben Einflusse zu stehen.

In der Voraussetzung, der Mond sei ein blanker Spiegel, kamen in früheren Zeiten Manche auf den Gedanken, sich des Mondes zu

bedienen, um zwischen den entferntesten Punkten auf der Erde sichtbare Zeichen wechseln zu können. Sieht man nicht, so argumentirten sie, alle Objecte, indem man nach ihren durch Spiegelung erzeugten Bildern visirt, und lassen sich solche Gegenstände nicht sogar in dem Falle wahrnehmen, wo sie hinter Schirmen dergestalt verborgen sind, daß sie durch directes Hinsehen nicht wahrzunehmen sind? Ebenso kann man Buchstaben und Zeichen entweder in ihrer natürlichen Größe, oder durch optische Vorrichtungen vergrößert, auf den Mond fallen lassen, der sie dann nach einem oder dem andern Punkte der Erde zurückwerfen wird. Dort wird man sie bei gehöriger Vergrößerung erkennen.

Pater Mersenne, der es für nöthig hielt, solche Träumereien zu widerlegen, erzählt, Agrippa habe sich gerühmt, im Besitze der nöthigen Mittel zur Ausführung dieses Verfahrens zu sein.

„Andere, äußert jenes ehrwürdige Mitglied des Minimenordens, versichern, auf diesem Wege weit entfernten Personen geheime Nachrichten mitgetheilt zu haben."

Diesen Anderen, von denen hier Mersenne spricht, waren jedenfalls die allereinfachsten Grundsätze der Optik fremd.

Sollte man es wohl glauben, daß noch zu unserer Zeit, Gelehrte von unbestreitbarem und unbestrittenem Verdienste, Gelehrte ersten Ranges, ein Mittel gefunden zu haben vermeinten, um eine Verbindung mit den Mondbewohnern anzuknüpfen? Ihrer Angabe nach bestände dies Mittel darin, von Zeit zu Zeit in dunkeln Nächten, auf passend ausgewählten Bergen, Feuer anzuzünden, die regelmäßige Polygone, besonders Sternpolygone bilden müßten. Die Mondbewohner*), die man für geistig sehr entwickelt hält, würden nicht verfehlen, schließt man weiter, einzusehen, daß dies Zeichen seien, die ihnen von der Erde aus gegeben werden, und würden mit der Erwiederung gewiß nicht zögern! Dies mag genügen als ein Beispiel von derartigen Phantasieen; wenden wir uns zu ernsteren Gegenständen, ich meine zu dem angeblichen Einflusse des Mondes auf Krankheiten.

*) Cardanus. in dessen Schriften man neben großer Gelehrsamkeit auch außerordentliche Thorheiten liest, erzählt (ich entnehme dies Citat dem Cyrano Bergerac), „eines Tages hätten ihn zwei Greise besucht, die auf dem Monde wohnten!"

In einem Buche vom Jahre 1399, schreibt ein gelehrter Geschichtschreiber des Wahnsinns Karls VI. Folgendes:

„Der König befand sich wieder wohl und feierte das Osterfest in seinem Palais zu Saint-Paul; in der Heiligenwoche empfing er andächtig, aus der Hand des Erzbischofs von Paris, das Sacrament der Firmelung..... Jedermann freute sich über die Genesung des Königs, aber dieser glückliche Zustand war nur von kurzer Dauer. In demselben Jahre verfiel er sechs Mal in Irrsinn, sowohl zur Zeit des Neumonds, als des Vollmonds.....“

Hiernach wären also sechs Vollmonde und ebenso viele Neumonde ohne Einfluß auf den Geisteszustand jenes unglücklichen Herrschers gewesen, so daß sich vernünftigerweise keine Folgerung aus einer Thatsache ableiten läßt, die, selbst wenn man dieselbe als wahrheitsgemäß will gelten lassen, von den Chronisten nicht ausführlich genug erzählt wird, um Diejenigen zu überzeugen, welche derartige Fragen mit Ruhe und Kaltblütigkeit in Ueberlegung ziehen.

Der Arzt Joubert, Kanzler der medicinischen Facultät zu Montpellier, veröffentlichte im Jahre 1578 eine Schrift über die „Volksvorurtheile in der Medicin.“ Darin werden „Epilepsie und eine gewisse Art Irrsinn (Melancholie) zu denjenigen Uebeln gerechnet, welche offenbar dem Laufe und den Lichtgestalten des Mondes folgen;“ doch wird diese Ansicht nicht durch überzeugende Beispiele unterstützt.

Während des Verlaufs einer Mondfinsterniß wurde, wie Mathiolus Faber berichtet, ein Irrer tobsüchtig, ergriff einen Degen und verwundete Alle, die ihm in den Weg kamen.

Soll man nun hierin das Resultat einer physischen Einwirkung unsers Satelliten erkennen, oder hat man diese Thatsache vielmehr nur als Wirkung einer, in Erwartung der Himmelserscheinung aufgeregten Phantasie zu erkennen? Meines Erachtens wird man diese letztere Voraussetzung ohne Weiteres vorziehen, wenn ich noch hinzufüge, daß jener Irre vor dem Unglückstage der Finsterniß immer finsterer und besorgter geworden war.

Rimazzini berichtet, daß von denjenigen, welche von dem epidemischen Fieber ergriffen wurden, das im Jahre 1693 in ganz Italien herrschte, Viele am 21. Januar, gerade zur Zeit einer Mondfinsterniß,

starben. Die Folgerung, welche Rimazzini daraus zieht, würde ich vielleicht zugeben, wüßte ich, daß den Opfern des 21. Januar das Eintreten der Finsterniß an jenem Tage unbekannt war. Denn in der That, warum sollte man bei allen diesen Fällen nicht der aufgeregten Einbildung der Erkrankten einen großen Einfluß zuschreiben, wenn wir z. B. erfahren, daß im August 1654 ansehnliche Leute sich, auf Anordnung ihrer Aerzte, in wohlverhüllten und gut durchräucherten Zimmern einschlossen, um sich vor den nachtheiligen Einflüssen der an jenem Tage eintretenden Sonnenfinsterniß zu schützen? Wenn wir außerdem von dem zuverlässigen Petit erfahren, daß die Bestürzung so allgemein und so ungeheuer war, daß die Geistlichen nicht vermochten, die Beichte aller Geängstigten anzuhören, — wodurch sich ein Dorfpfarrer in der Nähe von Paris, wie ich beiläufig erwähne, genöthigt sah, in der Predigt zu verkündigen, die Finsterniß sei noch auf vierzehn Tage verschoben, und man brauche sich also nicht gar zu sehr zu beeilen. Doch will ich andererseits nicht verschweigen, daß der gelehrte Vallisneri versichert, er selbst habe in Padua, wo er damals in der Genesung von einer langen Krankheit begriffen war, am 12. Mai 1706, während einer Sonnenfinsterniß, ungewohnte Anfälle von Schwäche und Zittern empfunden; daß ferner der berühmte Baco bei allen Mondfinsternissen ohnmächtig wurde, und den Gebrauch seiner Sinne erst in dem Maaße wiedererlangte, in welchem das Licht des Mondes zurückkehrte. Wenn übrigens diese beiden Fälle zum Beweise dienen sollen, daß Einflüsse des Mondes wirklich vorhanden sind, so bliebe vorher noch auszumachen, daß mit außerordentlichen Verstandeskräften niemals Charakterschwäche und Kleinmüthigkeit verbunden seien; diese Frage will ich aber gern unberührt lassen.

Menuret betrachtet die Hautkrankheiten als solche, deren Rückfälle ganz unbestreitbar mit den Mondphasen zusammenhängen. Er selbst will im Jahre 1760 die Beobachtung gemacht haben, daß eine damalige Grindkrankheit, die sich bei abnehmendem Monde immer mehr verschlimmerte, ihre größte Heftigkeit zur Zeit des Neumondes erreichte, wo sie das ganze Gesicht und die Brust ergriffen hatte, und unerträgliches Jucken veranlaßte. Nach dieser Zeit aber verschwanden diese Symptome langsam und das Gesicht wurde wieder frei; kaum

aber war der Vollmond vorüber, so begannen dieselben Zufälle von Neuem.

Dies ist unbestreitbar ein sehr merkwürdiges Zusammentreffen, aber wie lange Zeit dauerte es? Drei Monate, nicht länger!

Ueber die Krätze will Menuret ähnliche Beobachtungen angestellt haben; diese Krankheit soll zur Zeit des Vollmondes ihren Gipfel erreichen.

Es ist keineswegs meine Absicht, diese Beobachtungen ableugnen zu wollen; ebensowenig will ich das Vertrauen verdächtigen, was dieser Arzt in der That verdient; aber leuchtet es nicht ein, daß, wenn dies Zusammentreffen, das Menuret anführt, in diesen Fällen mehr als ein zufälliges gewesen wäre und in der That sich ein wirklicher Einfluß des Mondes dabei herausgestellt hätte, man nicht nur drei oder vier Fälle, die mehr oder weniger auffällig geworden, anführen würde, sondern daß sich solche Fälle müßten zu Tausenden dargeboten haben?

Moritz Hoffmann will angeblich die Tochter einer epileptischen Mutter beobachtet haben, bei welcher allmonatlich mit zunehmendem Monde der Leib anschwoll, während er in der andern Hälfte des Monats wiederum abnahm. Daß in diesem Falle das Zusammentreffen zwischen beiden Erscheinungen mehr als ein bloß zufälliges gewesen sei, würde sich nicht ableugnen lassen, hätte die Krankheit lange Zeit hindurch unter denselben Symptomen fortbestanden. Kann man aber das Gegentheil annehmen, so ist nichts Unnatürliches in der ganzen Erscheinung. Jene Beobachtung Hoffmann's ist in viel zu unbestimmten Ausdrücken abgefaßt, als daß sie irgend welchen Werth haben könnte. Gerade in solchen Fällen hat das Publikum einen Anspruch auf das allergenaueste Detail, denn, wie Peter Bayle schon sagt, bisweilen sind die Gelehrten selbst sehr schlechte Gewährsmänner.

Die Nervenkrankheiten sind diejenigen, welche die meisten, wahren oder irrigen Anzeichen eines Zusammenhanges mit den Stellungen des Mondes verrathen müßten, und in der That finden wir auch bei Nervenkranken die meisten derartigen Fälle. So führt Méade [19]) ein Kind an, das jedes Mal zur Oppositionszeit des Mondes von Krämpfen befallen wurde; Pison erzählt von einem Paralytischen, der

allmonatlich bei Eintritt des Neumondes Anfälle hatte; Menuret erwähnt eines Falles von Epilepsie, wo die Anfälle stets zur Zeit des Vollmondes eintraten, u. s. w. In den Sammlungen der akademischen Schriften werden zahlreiche Beispiele angeführt von Schwindel, bösartigen Fiebern, Somnambulismus u. s. w., bei welchen die Anfälle mit den Mondphasen mehr oder weniger zusammenhingen. Gall wollte die Bemerkung gemacht haben, daß sich bei schwächlichen Personen immer zwei Epochen monatlich finden, wo ihre Reizbarkeit am größten ist. In einem Buche, das zu London im Jahre 1829 erschien, wird versichert, daß dies gerade die Zeiten des Neu- und des Vollmondes seien! Indessen steht so vielen, den Mondeinflüssen günstigen Urtheilen der außerordentlich gewichtige Ausspruch des Astronomen und Arztes Olbers entgegen, der jeden derartigen Einfluß leugnet, und es mit Bestimmtheit ausspricht, er habe während seiner langjährigen Praxis niemals eine Spur davon wahrgenommen. Ich meinerseits erkläre mich gern für diese letztere Meinung, obgleich ich wohl einsehe, daß eine weitergehende Untersuchung sehr wünschenswerth sei, und daß man nicht ohne Weiteres den Versuchen der Astronomen beizutreten habe, denen zufolge die chemischen und erwärmenden Wirkungen der Mondstrahlen fast verschwindend klein sind. Nichts beweist uns nämlich, daß das Licht die einzige Wirkungsweise des Mondes in die Ferne ist.

Außerdem will ich noch bemerken, daß das Nervensystem, wie ich an einem andern Orte bereits ausgesprochen habe, in vielen Beziehungen ein bei Weitem feineres Instrument ist, als die allersubtilsten Apparate unserer heutigen Physiker. Denn in der That, wer wüßte nicht, daß der Riechnerv uns in der Luft das Dasein von Riechstoffen verräth, von denen bisher keine chemische Analyse Spuren nachzuweisen vermocht hat?

Diese geheimnißvolle Erscheinung liefert uns den Beweis, wie vorsichtig man zu Werke gehen müsse, wenn man von Versuchen an leblosen Stoffen zu dem viel schwierigeren Falle der Untersuchung lebender Körper übergehen will.

Als einst Jemand an Plutarch die Frage richtete, weßhalb wohl diejenigen Füllen, die der Wolf verfolgt hat, bessere Renner würden,

als die andern, erwiederte dieser Philosoph: „Aus dem einfachen Grunde, weil die Thatsache vielleicht nicht begründet ist.“

In dieser Antwort ist meine Lage bei Abfassung vorstehenden Kapitels vollständig geschildert; möge man beim Durchlesen desselben wahrgenommen haben, daß ich Alles ohne Umschweif mitzutheilen bemüht war.

Fünfunddreißigstes Kapitel.

Ueber den Einfluß des Mondes auf die Regentage.

Schübler ist bei Untersuchung achtundzwanzigjähriger meteorologischer Beobachtungen, die in Deutschland angestellt waren, und zwar

zu München von 1781 bis 1788,
zu Stuttgart von 1809 bis 1812,
zu Augsburg von 1813 bis 1828,

zu nachstehenden Folgerungen gekommen:

Das Maximum der Regentage tritt ein zwischen dem Ersten Viertel und dem Vollmonde; das Minimum findet Statt zwischen dem Letzten Viertel und dem Neumonde.

Die Anzahl der Regentage zwischen dem Letzten Viertel und dem Neumonde verhält sich zu der Anzahl der Regentage zwischen dem Ersten Viertel und dem Vollmonde wie 696 zu 845 oder wie 100 zu 121,7, oder endlich in runden Zahlen wie 5 zu 6. Die Mittelzahlen aus Intervallen von je vier Jahren geben ähnliche Verhältnisse.

Hiernach scheint es also ausgemacht, daß es in der Zeit des zunehmenden Mondes häufiger regnet, als während des abnehmenden Mondes.

Ueberblickt man im Allgemeinen diese Ergebnisse, so kann man kaum umhin anzunehmen, daß der Mond auf unsere Atmosphäre dennoch einigen Einfluß ausübt. Bevor wir uns aber mit der Natur desselben beschäftigen, erscheint es zu allererst nöthig zu untersuchen, was an den hier ermittelten Thatsachen, wie sie aus Schübler's Rechnungen hervorgehen, etwa bloß localer Natur ist.

Eine Discussion der zu Paris angestellten Beobachtungen führt nun zu folgenden Ergebnissen:

Das Maximum der Anzahl der Regentage fällt zwischen das Erste Viertel und den Vollmond, das Minimum dagegen zwischen das Letzte Viertel und den Neumond, und zwar verhält sich letztere Zahl zu jener wie 100 zu 126.

Dies ist, wie man sieht, eine überraschende Uebereinstimmung zwischen den deutschen und den pariser Beobachtungen; doch muß ich sogleich hinzufügen, daß der Akademiker de Gasparin für Orange ermittelt hat, daß das Minimum der Regentage dort zwischen Vollmond und Letztes Viertel fällt. Außerdem ergibt eine ähnliche Arbeit, die Poitevin im Jahre 1777 über das Klima von Montpellier ausgeführt hat, Folgerungen, die im Widerspruche stehen mit den aus den stuttgarter und den pariser Beobachtungen abgeleiteten. So fand Poitevin z. B.

für die Zeit des Neumondes . . . 1 Regentag auf je 4,
für die Zeit des Ersten Viertels . 1 " " " 7,
für die Zeit des Vollmondes . . . 1 " " " 5,
für die Zeit des Letzten Viertels . 1 " " " 4.

Nun sehen wir soeben, daß es zu Stuttgart seltener zur Zeit des Neumondes als des Vollmondes regnet; zu Montpellier findet also das Gegentheil Statt. In Deutschland sind die Regentage zahlreicher beim Ersten Viertel als beim Letzten; das umgekehrte Verhältniß soll für das südliche Frankreich Geltung haben. Die Frage wird also einer wiederholten Untersuchung noch bedürfen.

Uebrigens wird der Leser ausführlichere Entwickelungen über diesen Gegenstand in dem besondern Aufsatze finden, in welchem ich diese Frage abgehandelt habe*).

*) Im 8. Bande dieser Gesammtausgabe.

Sechsunddreißigstes Kapitel.

Einfluß des Mondes auf die Erdatmosphäre.

Von denjenigen, welche behaupten, der Mond müsse nothwendig auf unsere Atmosphäre einigen Einfluß ausüben, stützen sich die Meisten auf die allerdings sehr beträchtliche Einwirkung, die sich in der Ebbe und Flut des Meeres verräth. Ist dieser Vergleich aber auch principiell wahr, so kann er dennoch nicht ohne eine Rechnung, die beim heutigen Zustande unserer Kenntniß die Kräfte der Analysis übersteigt, zu einem genauen numerischen Resultate führen.

In einem späteren Buche, das von der allgemeinen Gravitation handelt, werde ich die Wirkung des Mondes auf den flüssigen Theil unserer Planeten untersuchen; man wird dann finden, daß alle Erscheinungen der Ebbe und Flut sich leicht erklären lassen; aber in Betreff der Einwirkung unsers Mondes auf den gasförmigen Theil der Erde, stehen wir noch bei Aufsuchung und Erörterung der Thatsachen. Ich will deßhalb hier untersuchen, ob sich aus gehörig combinirten Barometerbeobachtungen ein Ergebniß ableiten läßt.

Wenn der Mond auf die Gashülle unserer Erdkugel in derselben Weise einwirkt, wie auf das Meer, d. h. anziehend; wenn er täglich eine doppelte atmosphärische Ebbe und Flut hervorruft, und wenn zugleich die Eintrittsstunden derselben sich jeden Tag, wie die Stunden der Seeflut, mit der Zeit der Mondculmination ändern; so muß man, um die Gesammtgröße der Wirkung zu finden, Tag für Tag, wenn ich mich des nachstehenden Ausdrucks bedienen darf, diejenigen Barometerhöhen untereinander vergleichen, welche dem tiefsten Stande und dem höchsten Flutstande in der Atmosphäre entsprechen.

Zur Zeit der Syzygien, d. h. beim Neu- und Vollmonde geht der Mond um Mittag durch den obern oder untern Meridian. Wenn nun, wie bei der außerordentlichen Beweglichkeit der Luft wohl angenommen werden darf, das Maximum der Erscheinung überall nahezu mit dem Meridiandurchgange des Mondes zusammenfällt, so werden die arithmetischen Mittel aus den Mittagsbeobachtungen an den Syzygientagen, schon die Mittel der höchsten Atmosphärenstände sein.

Die ganze Lunation hindurch müssen, sollte man meinen, die hohen und die niedrigen Atmosphären, gerade wie dies bei Ebbe und Flut im Meere der Fall ist, untereinander durch je sechs Stunden Zwischenzeit getrennt sein. Es werden den tiefen Atmosphären nämlich diejenigen Beobachtungen entsprechen, welche zur Mittagszeit an solchen Tagen angestellt werden, wo der Mond um 6 Uhr Abends oder Morgens in den Meridian tritt, d. h. zur Zeit des Ersten und Letzten Viertels, oder, was in andern Worten dasselbe bedeutet, zur Zeit der beiden Quadraturen.

Wenn man also die Mittagsbeobachtungen der Syzygien vergleicht mit den Mittagsbeobachtungen der Quadraturen, so vergleicht man, soweit sie vom Monde abhängen, die höchsten und tiefsten Atmosphärenstände.

Ohne Zweifel wird man bemerken, daß ich bisher noch nicht aussprach, wodurch die hohen Atmosphärenstände angezeigt werden; man ist vielleicht neugierig zu erfahren, ob ein Steigen des Barometers zu erwarten sei. Statt einer vollständigen Antwort auf diese Frage will ich mich hier nur auf die Bemerkung beschränken, daß die Entscheidung an dieser Stelle von keinerlei Bedeutung wäre. Um das Ziel, das ich im Auge habe, zu erreichen, genügt vielmehr die Bemerkung, daß wenn sich die Wirkung auf die Atmosphäre mit der auf den Ocean vergleichen läßt, und wenn dieselbe in der That auf Anziehung beruht, die beiden Syzygien übereinstimmende Resultate geben müßten. Dasselbe müßte auch für die Ersten und Letzten Viertel untereinander Statt finden; aber diese Bedingungen werden keineswegs erfüllt. Demnach müssen die Unregelmäßigkeiten des Luftdrucks, welche uns die Beobachtungen anzeigen, von einer andern Ursache, als der Anziehung, herrühren, von einer Ursache, deren Natur zwar unbekannt ist, die aber jedenfalls vom Monde abhängt. Diese Folgerung wäre von ungemeiner Wichtigkeit; untersuchen wir weiter, ob wir nicht schon gegenwärtig Mittel haben, dieselbe zu bestätigen.

Infolge einer Ursache, die offenbar von der Stellung der Sonne abhängig ist, sinkt das Barometer täglich zwischen neun Uhr Morgens und Mittag. Diese Bewegung ist ein Theil der unter dem Namen tägliche Aenderung bekannten Schwankung; in Europa wird sie

zwar häufig durch andere, zufällige Schwankungen verdeckt, aber in den Mittelzahlen tritt sie beständig hervor, selbst wenn man nur die Beobachtungen weniger Tage in Betracht zieht. Fragen wir uns zuvörderst, ob diese Bewegung in den Syzygien und in den Quadraturen dieselbe Größe haben wird.

Ich will, um hierbei von einer bestimmten Vorstellung auszugehen, einen Augenblick annehmen, ein hoher Atmosphärenstand bedinge ein Steigen des Barometers. Die Annahme des Gegentheils würde am Resultate Nichts ändern.

Da nun um die Zeit der Syzygien das Maximum der Barometerhöhe, insofern es von der Einwirkung der atmosphärischen Flut abhängt, um Mittag erfolgen muß, so ist es klar, daß der Barometerstand zwischen neun Uhr Morgens und Mittag fortwährend zunehmen muß. Während dieses Zeitraumes gibt aber die tägliche Periode dem Quecksilber die entgegengesetzte Bewegung; so daß die beobachtete Wirkung nur im Unterschiede beider bestehen kann.

Um die Zeit der Quadraturen hingegen, wo das Minimum des atmosphärischen Druckes, insofern es von der Mondflut der Atmosphäre abhängig ist, um die Mittagszeit eintritt, wird das Barometer von neun Uhr bis Mittag im Sinken begriffen sein. Nun sinkt es aber schon zufolge der täglichen Periode; folglich wird der beobachtete Gesammteffect aus der Summe der beiden in Rede stehenden Zahlen bestehen.

Die Summe zweier Zahlen übersteigt den Unterschied derselben um das Doppelte der kleineren Zahl. Die kleinere ist hier die vorausgesetzte atmosphärische Mondflut; wenn man also, und zwar zunächst für die Zeit der Quadraturen, dann für die Syzygien, den Unterschied nimmt zwischen den mittleren Barometerhöhen um neun Uhr Morgens und um Mittag, so wird der erste dieser Unterschiede den zweiten um das Doppelte der im Laufe von drei Stunden hervorgebrachten atmosphärischen Mondflut übertreffen. Diese letztere Wirkung läßt sich wiederum als die Hälfte der Gesammtflut betrachten, und das Doppelte wird also diesen Gesammtbetrag geben. So wird man schließlich aus der angegebenen Rechnung nahezu den Betrag der Mondflut in der Atmosphäre finden.

Machen wir hiervon eine wirkliche Anwendung. Aus zwölfjährigen Beobachtungen hat man für Paris gefunden, daß die mittlere Barometerhöhe beträgt

Zur Zeit der Quadraturen	um 9 Uhr Morgens	757,06	Millim.
	um Mittag	756,69	„
	Unterschied ...	0,37	
Zur Zeit der Syzygien ..	um 9 Uhr Morgens	756,32	Millim.
	um Mittag	755,99	„
	Unterschied ...	0,33	„

Beide Unterschiede gehen also, wie man sieht, nur um vier Hundertel Millimeter auseinander, und diese Größe liegt offenbar innerhalb der Gränzen der Beobachtungsfehler.

Soweit also die atmosphärische Flut von ebenderselben Ursache abhängt, welche Ebbe und Flut im Meere hervorruft, und soweit sie von ebendenselben Gesetzen abhängt, ist ihr Betrag ein ganz unmerklicher. Dadurch sind wir genöthigt anzuerkennen, daß die den Mondphasen entsprechenden Aenderungen des Barometerstandes Wirkungen einer besonderen Ursache sind, welche von der Anziehung durchaus verschieden ist, und deren Natur und Wirkungsweise noch zu entdecken bleibt.

Siebenunddreißigstes Kapitel.

Einfluß des Mondes auf die Windrichtung.

Aus den Tabellen, die Schübler nach sechszehnjährigen augsburger Beobachtungen entworfen hat, scheint hervorzugehen, daß, in Deutschland wenigstens, die Süd- und Westwinde vom Neumonde bis zum zweiten Octanten hin an Häufigkeit zunehmen; daß sie um das Letzte Viertel herum am seltensten sind, und daß endlich in der letztgenannten Zeit Ost- und Nordwinde häufiger wehen, als sonst.

Achtunddreißigstes Kapitel.

Von den Wetteranzeigen.

Diejenigen, welche auf Vorzeichen des Wetters, je nach den Mondphasen halten, berufen sich hauptsächlich auf das hohe Alter derselben. Sie sagen, wie kann man glauben, daß ein solches System, wäre es ganz unbegründet, noch fortbestehen würde, nachdem Millionen von Beobachtern dasselbe ununterbrochen geprüft haben, und zwar unter den verschiedensten Klimaten und während eines Zeitraumes von mehr als zwanzig Jahrhunderten?

Einer solchen Schlußfolgerung wage ich nicht zu widersprechen, aber meinerseits wenigstens stelle ich die der Logik entlehnten Schlüsse noch höher. Es wird mir nicht schwer sein zu beweisen, daß jene von den Jahrhunderten uns überlieferten Wettervorzeichen zu widersprechenden Resultaten führen. Man höre nur z. B. Theophrast, der sich in seiner Schrift: Ueber die Vorzeichen des Regens und Windes dahin ausspricht: „Daß auf den Neumond durchschnittlich schlechtes Wetter falle.“ An einer andern Stelle belehrt er uns, Aenderungen des Wetters fielen gewöhnlich auf die Syzygien, also auf die Neu- und Vollmonde, und auf die Quadraturen.

Hiernach müßte auf das schlechte Wetter des Neumondes in der nächsten Quadratur schönes Wetter folgen, und schönes Wetter in dem darauffolgenden Vollmonde. Damit würden sich also, in Bezug auf die atmosphärischen Zustände, Neumond und Vollmond gar nicht voneinander unterscheiden, was in geradem Widerspruche steht mit der vorhin erwähnten Ansicht des gelehrten Aristotelikers.

Varro, den das Alterthum als den gelehrtesten Römer bezeichnete, hatte ein aus der Gestalt der Hörnerspitzen des Mondes zu entnehmendes Vorzeichen des Wetters folgendermaßen aufgestellt:

„Wenn das obere Horn der Mondsichel Abends, beim Untergange, dunkel erscheint, so wird zur Zeit des abnehmenden Mondes, also nach dem Vollmonde, Regenwetter eintreten; ist dagegen das untere Horn dunkel, so regnet es noch vor dem Vollmonde; und ist endlich die Mitte der Mondsichel dunkel, so wird es zur Vollmondszeit selbst regnen.“

In unsern Zeiten weiß Jedermann, daß der Mond sein Licht von der Sonne empfängt, und daß zwischen diesen beiden Gestirnen durchaus Nichts vorhanden ist, was, zur Zeit der Mondviertel, die erleuchtenden Sonnenstrahlen merklich abschwächen könnte. Die Aenderungen also, die man etwa bei der Helligkeit der Mondphasen wahrnimmt, hängen nothwendig von der Erdatmosphäre allein ab.

Ist nun das obere Horn, im Vergleich mit dem übrigen Theile der Sichel, dunkler, so müssen in der Richtung dieses Hornes mehr Dünste vorhanden sein, als in der Richtung der andern Gesichtslinen. Senken sich diese Dünste etwas mehr, so schwächen sie das Licht der Mondmitte. Eine kleine Fortsetzung dieser Bewegung in derselben Richtung wird hinreichen, um die Verdunkelung auf das untere Horn zu übertragen. Somit wird der ganze Unterschied zwischen den beiden Verdunkelungen des oberen oder des unteren Hornes allein von der größeren oder kleineren Winkelhöhe einer kleinen Dunstmasse in der Atmosphäre abhängen, deren Dasein an einer anderen Stelle des Himmels vielleicht nicht einmal bemerkt worden wäre. Indessen soll dennoch, sagt man, diese geringe und kaum wahrnehmbare Dunstmasse, die in der erstgenannten Stellung für eine ziemlich weit entfernte Zeit Regen vorbedeutet (nämlich für den abnehmenden Mond), dadurch, daß sie sich dem Horizonte nur um wenige Minuten nähert, nahe bevorstehenden Regen anzeigen.

Wenn das genannte Wetterzeichen bei dieser Betrachtung noch nicht als durchaus unwahrscheinlich nachgewiesen wäre, so würde ich vorschlagen, zwei Beobachter in einer gegenseitigen Entfernung von einigen Hundert Metern aufzustellen. Dann wird eine und dieselbe Wolke dem einen Beobachter vor dem oberen Rande der Mondsichel erscheinen, während sie der andere am unteren Rande erblickt. Es wird also das höher belegene Horn dem ersten Beobachter dunkler erscheinen, während der andere die Dunkelheit im unteren Horne wahrnimmt; eine und dieselbe Wolke, in demselben Augenblicke beobachtet, muß dann also in dem einen Stadtviertel einem nahe bevorstehenden, in dem andern Viertel dagegen einem in späterer Zeit eintretenden Regen zum Anzeichen dienen.

Selbst das große gelehrte Ansehen, in welchem Baco steht, kann uns nicht verhindern, eine Regel für unannehmbar zu erklären, welche so absurde Folgerungen nach sich zieht.

Neununddreißigstes Kapitel.

Ueber den Einfluß der Mondphasen auf Aenderungen des Wetters.

Die auf Regenmenge und Barometerhöhen bezüglichen Untersuchungen enthalten durchaus nichts Willkürliches; zwei von denselben Daten ausgehende Rechner müssen nothwendig, auch ohne sich gegenseitig Mittheilungen zu machen, zu vollständig übereinstimmenden Resultaten kommen.

Verhält es sich aber ebenso mit der in der Aufschrift genannten Frage? Was versteht man eigentlich unter Aenderungen des Wetters?

Mancher Meteorolog, der den Lichtgestalten Einfluß auf das Wetter einräumt, wird sich für berechtigt halten, schon von Aenderungen des Wetters zu sprechen, wenn sich nach ruhiger Zeit Wind erhebt, wenn ein schwacher Wind an Stärke zunimmt, wenn ein heiterer Himmel sich etwas bewölkt, wenn ein theilweise bewölkter Himmel sich gänzlich bezieht, u. s. w. Ein anderer Meteorolog verlangt vielleicht größere Aenderungen; wo sollen da, bei solcher Unbestimmtheit, die Gränzen gezogen werden, über welche man sich verständigen könnte?

Diese Schwierigkeit mußte ich hier gleich Anfangs hervorheben, damit man nicht etwa, was die Sicherheit der Resultate betrifft, die sogleich anzuführenden Ergebnisse den numerischen Resultaten an die Seite stellt, die ich auf S. 405 für die Anzahl der Regentage gegeben habe.

Toaldo hat die in Padua fast ein halbes Jahrhundert hindurch angestellten meteorologischen Beobachtungen auf diese Frage in folgender Weise untersucht[20]):

In eine erste Columne trug er z. B. alle Neumonde ein, bei welchen sich in jedem Jahre eine Aenderung des Wetters zugetragen hatte; in eine nebenstehende Columne wurden diejenigen Neumonde gesetzt, bei welchen das Wetter unverändert geblieben war. Hätte sich nun zwischen den Summen in beiden Columnen genau oder wenigstens nahezu dasselbe Verhältniß gezeigt, als für jeden andern Tag im Mondmonate, so wäre daraus zu folgern gewesen, daß der Neumond keinen Einfluß auf die Aenderungen des Wetters übt. Toaldo aber mußte sich von dem Vorhandensein eines solchen Einflusses überzeugen, denn die der Columne der Aenderungen entsprechende Summe übertraf die Summe der zweiten Columne beträchtlich mehr, als wenn man dasselbe Verfahren auf einen Tag der Quadraturen oder der Octanten anwandte.

Das Vorstehende wird hinreichen zum Verständniß der Art und Weise, wie die nachfolgende Tafel entstanden ist, in welcher man das Verhältniß der Tage, wo sich das Wetter änderte, zu denjenigen steht, an welchen keine Aenderung eintrat.

Neumond	6 zu 1,
Vollmond	5 zu 1,
Erstes Viertel	2 zu 1,
Letztes Viertel . . .	2 zu 1.
Perigäum	5 zu 1,
Apogäum	4 zu 1.

Die wahre Bedeutung vorstehender Zahlen hervorzuheben, wird nicht erforderlich sein. Man erkennt daraus, daß im Mittel

unter 7 Neumonden 6 von Aenderungen des Wetters begleitet sind, und daß bei nur einem kein Wechsel der Witterung eintritt;

daß ferner unter 14 Neumonden 12 Witterungswechsel zeigen würden, und bei zweien das frühere Wetter fortbestehen;

daß endlich 18 Neumonde unter 21 auf die eine Seite, nur drei auf die andere gehören, u. s. f. stets mit Beachtung des Verhältnisses von 6 zu 1.

Ebenso wird man einsehen, daß wenn die Mondviertel als zuverlässige Anzeichen eines Wetterwechsels gelten sollen, man sich bei

drei Phasenwechseln nur ein Mal irrt, und zwei Male das Richtige trifft.

Daß unter 6 Malen man 2 Mal irrt und 4 Mal richtig rathet; unter 9 Malen 3 Mal falsch und 6 Mal richtig trifft; u. s. w.

Die eigentlichen Phasen würden in der Reihenfolge ihres Einflusses auf Witterungswechsel, folgende Zusammenstellung geben:

Neumond, größter Einfluß;

Vollmond;

Erstes und Letztes Viertel, gleich große Minima.

Ferner ist aus dem Vorigen einleuchtend:

daß das Perigäum ebenso großen Einfluß üben müßte, als der Vollmond;

endlich daß der Einfluß des Apogäums doppelt so groß wäre, als derjenige, welchen die Mondviertel ausüben.

Dies Alles stimmt ziemlich gut mit der allgemeinen Volksansicht überein; die obigen Resultate beruhen übrigens auf 45jährigen Beobachtungen. Nichtsdestoweniger werde ich sogleich nachweisen, daß diese Bestimmungen keineswegs als sicher begründet angesehen werden können.

Hoffentlich ist der Leser noch der Bemerkung eingedenk, die ich zu Anfange dieses Kapitels über das Unbestimmte machte, das in den Ausdrücken Witterungswechsel und Aenderung des Wetters enthalten ist, und über das Willkürliche, das infolge dieser Unbestimmtheit, sich unausbleiblich in die Discussion der Beobachtungen überträgt. Auch machte ich bereits darauf aufmerksam, daß ein Systematiker, bei dieser Lage der Sache, leicht und sogar unabsichtlich die Möglichkeit findet, das Urtheil zu Gunsten einer oder der andern Meinung ausschlagen zu lassen. Diese Schwierigkeit ist eine sehr ernstliche, und dennoch lasse ich sie gegenwärtig bei Seite, um zu noch viel erheblicheren Einwendungen gegen diese Toaldo'schen Rechnungen zu kommen, die sich Jedem sofort darbieten, der sie mit etwas kritischem Auge prüft.

Der Physiker von Padua hat sich nicht damit begnügt, den Mondphasen diejenigen Witterungswechsel zuzuschreiben, die an den Phasentagen selbst eingetreten sind; er rechnet vielmehr auch alle diejenigen

Wechsel hinzu, die am Tage vor und am Tage nach dem Phasenwechsel des Mondes eintraten.

Auf solchen Grundlagen ist es nicht wunderbar, wenn der Mond als von mächtigem Einflusse auf das Wetter erschienen ist, und wenn die Anzahl der Wechsel in der Witterung stets die Fälle, wo keine Aenderung eintrat, übertroffen hat.

Um das Fehlerhafte dieser Behandlungsweise deutlich nachzuweisen, wollen wir einmal annehmen, der Mond habe durchaus keinen Einfluß auf den Regen, und es solle nun aus einer großen Sammlung meteorologischer Beobachtungen die Anzahl der regenlosen Neumondstage und die Zahl der Regentage am Neumonde ermittelt werden. Angenommen beide Zahlen würden gleich groß gefunden; hätte sich nun die Zählung nicht genau auf die Neumondstage selbst beschränkt, sondern wären auch ein oder zwei Tage vor dem Neumonde, und ebenso ein oder zwei Tage nach demselben mitgerechnet worden; so sieht Jeder leicht ein, daß das Resultat unverändert geblieben wäre, und daß man das Verhältniß der Regentage zu den regenlosen Tagen ebenso wie 1 zu 1 gefunden hätte.

Jetzt wollen wir statt der gewöhnlichen Theilung des Jahres in 365 Theile, deren jeder 24 Stunden beträgt, eine andere Theilung in längere Perioden annehmen, und zwar Perioden von drei Mal vierundzwanzig Stunden oder von dreitägigen Perioden. Es fragt sich, welches Verhältniß nun für die Zeiten der Neumonde gelten wird zwischen den Regenperioden und den regenlosen Perioden; gewiß nicht länger das Verhältniß von 1 zu 1. Als erstes Glied würde man offenbar eine Zahl größer als 1 finden, denn innerhalb drei Mal vierundzwanzig Stunden ist die Wahrscheinlichkeit eintretenden Regens größer, als an einem einzigen Tage.

Perioden von vier Mal oder fünf Mal vierundzwanzig Stunden würden in dem vorgenommenen Falle zu noch größeren Resultaten führen, und zwar immer aus dem einfachen Grunde, daß es durchschnittlich häufiger im Zeitraume von vier oder gar fünf Mal vierundzwanzig Stunden regnen wird, als an einem einzigen Tage.

Welches Verfahren Toaldo für diejenigen Tage der Lunation befolgt hat, die nicht den charakteristischen Lichtphasen entsprechen, habe

ich auseinandergesetzt: er untersuchte nämlich, wie oft innerhalb vierundzwanzig Stunden sich das Wetter geändert hatte, und wie oft kein Witterungswechsel eingetreten war. Sobald es sich aber im Gegentheile um eine Syzygie oder um eine Quadratur handelte, gruppirte er die Beobachtungen in Perioden von mehreren Tagen, unter dem Vorwande, die physische, von unserem Satelliten abhängige Ursache einer Aenderung könne weder plötzlich eintreten, noch plötzlich aufhören. An Stelle der Verwunderung, daß Toaldo bei einem solchen Verfahren nicht vollkommene Gleichheit fand zwischen der Anzahl der Wetteränderungen und des Beständigbleibens, muß man nun zugeben, daß das entgegengesetzte Resultat ganz unerklärlich gewesen wäre.

Der Tafel auf S. 413 zufolge haben das Erste und Letzte Viertel bei Weitem nicht so großen Einfluß, als der Neumond und der Vollmond. Ist nun dieser Einfluß nur scheinbar, rührt er nur von der Fehlerhaftigkeit der angestellten Untersuchung her, so sollte man meinen, es müßten sich für alle Stellungen des Mondes stets gleiche Resultate ergeben. Dies ist eine Schwierigkeit, welche in der That einige Verlegenheit bereiten könnte, belehrte mich nicht eine Notiz im Jahrgange 1780 des Journal de Physique, daß Toaldo bei den Durchgängen des Mondes durch die Syzygien oder die Apsiden, den Einfluß einer Phase bis auf drei Tage vorher und auf drei Tage nachher ausdehnte; während er diesen Einfluß in den beiden Vierteln auf höchstens einen Tag vorher und einen Tag nachher erstreckte. Somit verschwindet diese Schwierigkeit gänzlich. Uebrigens möchte es überflüssig sein, in dieser Beziehung eine genaue numerische Untersuchung anstellen zu wollen, sowohl aus dem bereits oben bemerkten Grunde, weil das Wort Wetterwechsel durchaus keine präcise Bedeutung hat, als auch weil Toaldo zu Anfange seiner großen Arbeit bereits bestimmte Ansichten über das wirkliche Vorhandensein von Einflüssen des Mondes hatte, Ansichten, denen er im Verlaufe seiner Untersuchung unwillkürlich nachgeben mußte. Gewiß wird mich Niemand beschuldigen, Toaldo's Ideen unrichtig dargestellt zu haben, wenn ich zum Schlusse noch anführe, daß man S. 56 seines Saggio meteorologico (Ausg. von 1770) eine Stelle liest, die in wortgetreuer Uebersetzung folgendermaßen lautet: „Wer wüßte nicht aus eigener Erfahrung, um wie viel schneller Nägel

und Haare wachsen, wenn sie bei zunehmendem Monde beschnitten werden, als bei abnehmendem?"

Für Wien hat Pilgram dieselbe Arbeit ausgeführt, welche Toaldo früher für das Klima von Padua gemacht hatte. Er hat die Beobachtungen von 25 Jahren bearbeitet, nämlich vom Jahre 1763 bis zum Jahre 1787 einschließlich. Da ich das Originalwerk nicht vor Augen habe, so kann ich nicht sagen, wie weit sich Pilgram vor den Fehlern gehütet hat, die mir in Toaldo's Rechnungen vorhanden zu sein scheinen.

Ich bin indessen bereit zuzugeben, daß die Arbeit des deutschen Astronomen mit keinem Mangel dieser Art behaftet ist; nehmen wir seine Resultate als wohlbegründete an, und untersuchen wir, ob sie zur Bestätigung der im Volke herrschenden Meinungen dienen.

Unter 100 Wiedereintritten jeder Mondphase betrug die Anzahl der Wetterwechsel in Wien:

für den Neumond	58	für den Neum. im Perigäum	80
für den Vollmond	63	für den Neum. im Apogäum	64
für die Mondsviertel	63	für den Vollm. im Perigäum	81
für das Perigäum	72	für den Vollm. im Apogäum	68
für das Apogäum	64		

Was lehrt der bloße Anblick dieser Tabelle? Zunächst daß der Neumond, in Bezug auf Wetterwechsel, von allen Mondphasen die geringste Einwirkung ausübt. Aus Toaldo's Beobachtungen folgte das Gegentheil, übereinstimmend mit einer im Volke weitverbreiteten Meinung.

Wollte man, auf Pilgram's Tafel sich stützend, den so zahlreichen Seeleuten, die den Neumond fast mit Sicherheit für eine Ursache des Wetterwechsels halten, sagen, daß unter 10 solchen Mondphasen 6 ihrer Meinung günstig seien, die andern aber dagegen sprächen; so würden sie ein so geringes Zugeständniß entrüstet von sich weisen. Aber welches größere Zugeständniß kann man einer solchen Tafel gegenüber machen, die ein Mann berechnete, der an den Einfluß des Mondes glaubte, und der, wenn überhaupt Fehler vorkamen, offenbar nur solche beging, welche alle Zahlen in der Spalte für eingetretene Wetterwechsel vermehren mußten?

Ja noch mehr; ist es begründet, wie ich mich zu erinnern glaube,

daß Pilgram, gleichwie Toaldo gethan hatte, sich nicht begnügte, die am Tage der Lichtphase selbst eingetretenen Wechsel der Witterung zu notiren, sondern auch diejenigen Wechsel, welche am Tage vorher und am Tage nachher vorfielen, so müßte auch die Zahl 58 erheblich verkleinert werden; damit würde der Neumond als eine durch Beständigkeit des Wetters ausgezeichnete Epoche erscheinen. Ich bemerke sogleich, daß ich letzteres Resultat nicht zugeben kann; doch wird mir wenigstens gestattet sein, aus der vorstehenden Erörterung den Schluß zu ziehen, daß im Binnenlande, namentlich in Oesterreich, der Neumond durchaus ohne Einfluß ist, oder eine ganz andere, als die vermuthete Wirkung ausübt.

Ich müßte jetzt versuchen, von den großen Zahlen 80 und 81 Rechenschaft zu geben, die Pilgram's Tafel neben Neumond und Vollmond im Perigäum aufweist; aber die Nothwendigkeit der Kürze zwingt mich bei dem stehen zu bleiben, was direct die Lichtphasen betrifft. Nur dies will ich bemerken, daß die fraglichen Zahlen keineswegs sicher sind, entweder weil man nicht hinreichend viele Beobachtungen zu Rathe gezogen hat, um zufällige Umstände gänzlich zu eliminiren, oder aus irgend einem anderen, noch unbekannten Grunde Mein Beweis ist folgender:

In jeder Lichtgestalt wird der Einfluß des Mondes um so geringer ausfallen, je größer die Entfernung des Mondes von der Erde ist; nun wird für den Neumond der Unterschied der Einwirkung zwischen der Stellung im Perigäum und im Apogäum ausgedrückt durch den Unterschied der beiden Zahlen 80 und 64; für den Vollmond gelten in denselben Stellungen die Zahlen 81 und 68. Also ist 68 die geringste Wirkung, welche der Vollmond jemals ausüben kann, denn diese Zahl, wie wir sahen, entspricht dem Vollmonde in der Erdferne. Aber in der zweiten Zeile von Pilgram's Tafel steht als Mittelzahl aus allen Vollmonden im Laufe von 25 Jahren, als eine Mittelzahl, zu welcher in etwa gleicher Anzahl Vollmonde in der Erdnähe und in der Erdferne beigetragen haben, folglich als Mittelzahl, die einer kleineren Entfernung, als der Erdferne entspricht, statt einer 68 noch übertreffenden Zahl vielmehr nur 63.

Nach den Untersuchungen von Toaldo und Pilgram, ist die ein-

zige Arbeit, die zu meiner Kenntniß gekommen, in Betreff der Frage, ob die Mondphasen Wetterwechsel herbeiführen oder nicht, die in den Philos. Transactions von den Jahren 1775 und 1776 mitgetheilte des Dr. Horsley. Leider bezieht sich dieselbe nur auf zwei Beobachtungsjahre, nämlich 1774 und 1775. Wie dem auch sei, immerhin hat das Jahr 1774 in London keineswegs für das System der lunarischen Einflüsse gesprochen; denn im Laufe der ganzen 12 oder 13 Lunationen jenes Jahres fielen nur zwei Wetterwechsel mit Neumonden zusammen, und nicht ein einziger auf Vollmondstage. Im Jahre 1775 waren von den 12 Neumonden des Jahres, 4 von Aenderungen der Witterung begleitet; die 12 Vollmonde führten nicht mehr als 3 Wechsel herbei.

Diese letzteren Zahlen sind nun zwar unbedingt merklich geringer, als man, der Toaldo'schen Tafel auf S. 413 zufolge, hätte finden sollen; aber man darf nicht mit Stillschweigen übergehen, daß sie dennoch über den Antheil hinausgehen, der, bei gleichmäßiger Vertheilung der Witterungswechsel über das ganze Jahr, auf die zwölf Conjunctionstage und die zwölf Oppositionstage des Mondes kommen würde.

Hiermit sind die zu einer experimentellen Untersuchung vorliegenden Daten erschöpft; soweit diese Untersuchung bisher schon geführt worden ist, erscheinen mir die nachstehenden Folgerungen als hinreichend begründete.

Selbst wenn man alle Resultate Toaldo's wollte gelten lassen, wäre es unrichtig behaupten zu wollen, jeder Phasenwechsel des Mondes sei von einem Witterungswechsel begleitet; denn aus der Tafel S. 413 könnte man ersehen, daß man zur Zeit der Mondviertel ein Mal unter dreien irren würde; im Apogäum ein Mal unter vier; beim Vollmond und im Perigäum ein Mal unter fünf; beim Neumond ein Mal unter sechs.

Aber an diese Resultate kann man sich nicht halten, weil Toaldo, wie ich nicht oft genug wiederholen kann, jene ziemlich großen Zahlen, von denen er behauptet, sie drückten die Wahrscheinlichkeit eines Wetterwechsels zur Zeit der Mondphasen aus, nur dadurch erhalten hat, daß er den Einfluß jeder Phase bei den Vierteln auf drei Tage aus-

dehnte, und für den Neumond, den Vollmond, das Perigäum und Apogäum sogar auf vier, fünf oder sechs Tage. Hätte man eine solche Berechnungsweise auf einen beliebigen Tag der Lunation, der Woche oder des Monats angewandt, so würde man vermuthlich genau zu denselben Folgerungen gekommen sein.

Bisher habe ich bei Untersuchung der im Volke so allgemein verbreiteten Ansicht über den Einfluß der Mondphasen auf den Witterungswechsel, alle meine Beweise den Beobachtungen der Meteorologen entlehnt; ich glaube indessen, daß diese Ansicht sich erfolgreich a priori bekämpfen ließe. Möge der Leser selbst darüber urtheilen.

Der Mond kann auf die Erde überhaupt nur in einer der folgenden Weisen wirken: durch seine Anziehung, durch das Licht, welches er reflectirt, durch dunkele Ausströmungen, die elektrischer, magnetischer oder noch unbekannter Natur sein können.

Zwei Mal innerhalb vierundzwanzig Stunden erhebt die Anziehung unseres Mondes die flüssige Masse des Oceans; es ist also natürlich, eine analoge Wirkung auf unsere Atmosphäre vorauszusetzen; denn die Schwierigkeit, aus der Theorie den sehr kleinen numerischen Werth dieser Wirkung genau zu bestimmen (36. Kp. S. 406), kann uns nicht abhalten, ihr Vorhandensein anzuerkennen. Man darf sogar behaupten, daß der Betrag für ähnliche Stellungen von Mond und Erde jedes Mal derselbe sein wird.

Nehmen wir nun einmal an, es ließen sich die zu Viviers (im Ardèche-Departement) von Flaugergues erhaltenen Resultate verallgemeinern, die auf zwanzigjährigen Barometerbeobachtungen beruhen (vom 19. October 1808 bis zum 18. October 1828). Flaugergues hat ausschließlich die Mittagsbeobachtungen in Rechnung genommen, damit unter stets gleichen Verhältnissen in Bezug auf die Sonne, die Mittelzahlen nichts Anderes, als die lunarische Einwirkung enthalten sollten. Er hat nachstehende Tafel für die mittleren Barometerhöhen gegeben (reducirt auf die Temperatur des schmelzenden Eises):

Neumond	755,48	Millim.
Erster Octant . . .	755,44	„
Erstes Viertel . . .	755,40	„
Zweiter Octant . .	754,79	„

Vollmond	755,30	Millim.
Dritter Octant . . .	755,69	„
Zweites Viertel . .	756,23	„
Vierter Octant . .	755,50	„

Wollen wir uns an diese Resultate anschließen, so müssen wir sagen, daß infolge der Mondeinwirkung der atmosphärische Druck zur Zeit des ersten Viertels im Abnehmen ist, oder daß, womit dasselbe ausgedrückt wird, die Barometerhöhe abnimmt; ferner daß der Vollmond den entgegengesetzten Einfluß hat, und also ein Steigen des Quecksilbers hervorbringt; daß ein Sinken des Barometers den Tag des Letzten Viertels bezeichnet, und endlich daß der Stand des Instruments am Neumondstage unverändert bleibt. Welche Wirkung soll dieser Gang nun auf die Witterung haben? Erinnert man sich, daß das Wetter bei steigendem Barometer schön wird, und daß bei fallendem Barometer in der Regel bald Regen eintritt, so wird man ohne Zögern antworten:

Daß das Wetter beim Ersten Viertel schlecht wird;
Daß es sich beim Vollmond zum Besseren wendet;
Daß es sich im Letzten Viertel wieder verschlechtert;
Daß es beim Neumond unverändert bleibt.

So deuten aber Toaldo und seine Anhänger den Einfluß des Mondes durchaus nicht; sie sind vielmehr der Meinung, dieser Einfluß bringe eine Aenderung hervor, und bei jedem Lichtwechsel des Mondes folge Regen auf heiteres Wetter und heiterer Himmel auf Regenwetter.

Eine derartige Theorie ließe sich also nicht mit den Barometerschwankungen vereinigen, wie sie aus der Mondwirkung hervorgehen würden. Wie ich bereits erwähnte, müßten diese Schwankungen bei ähnlich wiederkehrenden Stellungen des Mondes, der Erde und der Sonne, jedes Mal gleiche Zeichen haben; so würde z. B. infolge der Einwirkung des Mondes der atmosphärische Druck jedes Mal bei Eintritt des Vollmondes zunehmen. An einem mit Zifferblatt versehenen Barometer verräth sich diese Zunahme des Luftdruckes dadurch, daß der Zeiger in der Richtung auf schönes Wetter fortrückt; wäre nun aber schon heiteres Wetter, so würde diese Bewegung Regen herbeiführen, — ein offenbar absurdes Resultat. Selbst wenn also die

Wetterwechsel zur Zeit der Mondphasen wirklich vorhanden wären, so könnte man sie dennoch nicht der Wirkung des Mondes zuschreiben.

Kommt also die Anziehung nicht ins Spiel, so wären, zur Erklärung der Erscheinungen, noch die hellen oder dunkeln Ausströmungen des Mondes übrig, und damit eröffnet sich ein fast unbegränztes Feld der Vermuthungen. Nur muß ich bemerklich machen, daß man aus dieser Hypothese keine Folgerung ziehen kann, wenn man nicht von vornherein annimmt, der vom Monde auf die Erde ausgeströmte Stoff habe die Eigenschaft, eine heitere Atmosphäre zu verdunkeln, und eine Wolkenatmosphäre aufzuheitern, denn es handelt sich ja um Erklärung von Wechseln im Wetter. Ich würde sogar zu behaupten wagen, daß Niemand sich zu einer solchen Annahme zu entschließen vermöchte, erinnerte ich mich nicht jener Bemerkung Cicero's: „daß keine Absurdität zu groß ist, um nicht Philosophen zu ihrer Vertheidigung bereit zu finden.“

Vierzigstes Kapitel.

Atmosphärische Ebbe und Flut.

Aus londoner Beobachtungen von 1787 bis 1796 einschließlich fand Howard die folgenden Barometerhöhen:

Neumond	756,779	Millim.
Erstes Viertel . .	759,218	„
Vollmond	756,424	„
Letztes Viertel . .	758,989	„

Für London stellt sich also die Reihenfolge der Höhen so: Erstes Viertel, Letztes Viertel, Neumond, Vollmond.

Dagegen gilt für Paris die Ordnung: Letztes Viertel, Neumond, Erstes Viertel, Vollmond; und dieselbe Gruppirung findet nach S. 420 auch zu Viviers Statt.

In Europa entspricht das Minimum der Regentage dem Letzten Viertel; in Calcutta fällt das Maximum dieser Zahl (im Januar,

Februar, März und April) ebenfalls mit dem Letzten Viertel zusammen.

Auch Mai und Juni zeigen in Calcutta Unterschiede in demselben Sinne in der Regenmenge und in der Zahl der Regentage. In den übrigen Monaten dagegen bringt der Neumond keinen Regen, sondern dieser Einfluß fällt, wenn auch in geringerem Grade, auf den Vollmond.

Aus diesen Bemerkungen erkennt man, daß die Wirkungen in verschiedenen Jahreszeiten entgegengesetzt sind, und es bestätigt sich dadurch dasjenige, was ich oben (36. Kap. S. 406) über die Schwierigkeiten geäußert habe, die der numerischen Ermittelung des Einflusses entgegenstehen, welchen der Mond auf die gasförmige Umhüllung unserer Erde ausübt.

Einundvierzigstes Kapitel.

Erntemonat.

In England fällt die Erntezeit in die Mitte des Septembermonats; man hat dabei die Bemerkung gemacht, daß der Schein des Vollmondes alsdann unmittelbar auf den Sonnenschein folgt, so daß man gewissermaßen sagen könnte, um diese Zeit verlängere sich der Tag in die Nacht hinein. Außerdem hat man hervorgehoben, daß der Mond zu dieser Zeit, einige Tage hindurch, fast zu derselben Stunde aufgeht, während in dem übrigen Theile dieses Monats der Unterschied zwischen zwei aufeinander folgenden Aufgängen bis auf eine Stunde und funfzehn Minuten wächst.

Liebhaber teleologischer Gesichtspunkte behaupten, dies Alles sei in der angegebenen Weise eingerichtet worden, um die Feldarbeiten gerade in der Zeit zu erleichtern, wo ihre Wichtigkeit am größten ist: daher der Name harvest-moon (Erntemond), den man dem September beigelegt hat.

In England sind über diesen Gegenstand besondere Abhandlungen erschienen, unter Andern von Hrn. Ferguson. Ich lasse den Inhalt

derselben, der Hauptsache nach, folgen; die Erscheinung an sich ist äußerst leicht zu erklären.

Zu der Zeit wo die Sonne im Herbstäquinoctium steht, wird der Vollmond, der bekanntlich der Sonne gegenübersteht, im Frühlingsäquinoctium sein. Ferner ist allgemein bekannt, daß wenn der Mondaufgang jedes Mal später stattfindet, als am vorhergehenden Tage, dies einfach davon herrührt, daß der Mond in der Zwischenzeit, infolge seiner Eigenbewegung, nach Osten fortgerückt ist.

Ebenso ist auch bekannt, daß in unsern Breitegraden die unter einem und demselben Stundenkreise befindlichen Gestirne um so früher aufgehen, je nördlicher ihre Declinationen sind. Wenn wir nun für einen Augenblick annehmen, der Mond bewege sich in der Ebene der Ekliptik, und darauf achten, daß der Bogen dieses größten Kreises, der von West nach Ost zwischen dem Frühlings- und Herbstäquinoctium liegt, sich in seiner ganzen Erstreckung nördlich vom Aequator befindet; so muß der Mond, vom Frühlingsäquinoctium an, eine immer wachsende nördliche Abweichung erlangen. Also muß der Mond, insofern er nach Osten fortrückt, vom Tage des Herbstäquinoctiums an immer später aufgehen; immer früher hingegen, insofern seine nördliche Declination täglich zunimmt. Hierbei geschieht es, daß sich diese beiden entgegengesetzten Ursachen, während zweier oder dreier Tage von der Zeit an, wo der Mond vom Frühlingsäquinoctium ausging, gegenseitig fast vollständig aufheben. Bald aber wird die Declinationsbewegung des Mondes zu gering, um die aus der ostwärts gerichteten Bewegung des Mondes, d. h. aus seiner Rectascensionsbewegung hervorgehende Wirkung aufzuwiegen, und die Erscheinung nimmt wieder ihren gewöhnlichen Gang an.

In entgegengesetzter Weise treten diese Umstände am 21. März auf, d. h. zu der Zeit, wo die Sonne im Frühlingsäquinoctium steht, und der ihr gegenüberstehende Vollmond im Herbstäquinoctium. Von dieser Zeit an wird nämlich der Mond fortwährend südlicher, und geht deshalb von Tag zu Tage später auf. Außerdem muß aber die Eigenbewegung des Mondes von West nach Ost in der gewöhnlichen Weise wirken, und deshalb fügen sich beide Einwirkungen zusammen, wäh-

rend man in dem vorhin betrachteten Falle nur ihren Unterschied wahrnehmen konnte.

Bei dem Vollmonde also zur Zeit der Frühlingstag- und Nachtgleiche tritt die Nacht, was den Mondschein betrifft, schneller als gewöhnlich ein; oder mit andern Worten, der Mond verlängert den Tag alsdann nicht nach Sonnenuntergang. Deßhalb wird dieser Mond auch der Jägermond genannt. Die Teleologen haben stets Worte, um Alles zu erklären: sie nehmen auch an, der Mond begleite die Erde zu dem Zwecke, die Nächte derselben zu erleuchten; aber in dieser Hinsicht erfüllt der Mond seinen Zweck ziemlich schlecht.

Bei Erklärung des Erntemonds sind wir von der Voraussetzung ausgegangen, der Vollmond trete im Augenblicke des Herbstäquinoctiums selbst ein; wir haben ferner angenommen, unser Mond bewege sich in der Ekliptik, während er sich in der That in einer krummen Linie bewegt, deren Ebene mit der Ekliptik einen Winkel von etwa 5 Grad macht (10. Kap. S. 320).

Wollte man sich, statt dieser Voraussetzungen, an die wirklich stattfindenden Verhältnisse halten, so würden zwar in den Zahlenangaben kleine Aenderungen eintreten, aber im Allgemeinen würde die Erscheinung dieselbe bleiben. Ich verweile deßhalb nicht länger bei diesem Gegenstande.

Anmerkungen der deutschen Ausgabe.

Zum einundzwanzigsten Buch.

1. S. 305. Ueber die Erklärung, die Berosus von den Lichtgestalten des Mondes aufgestellt, berichtet ausführlich Vitruv de Architect. im 9. Buche, Kap. 4. — Berosus lebte übrigens vermuthlich nicht, wie im Texte angegeben, zu Alexander's Zeiten, sondern nach Weidler's annehmbaren Gründen, mehr als hundert Jahre früher. Vergl. Histor. Astr. 1741, S. 36; Delambre Hist. de l'Astr. anc. I. p. 228.

2. S. 306. Das „Aristarchische Problem" behandelt mit allen dahin gehörigen historischen Nachrichten Joh. Bapt. Riccioli im ersten Bande des Almagest. Novum P. I. S 108 ff. Bemerkenswerth ist, daß Gottfried Wendelin den im Texte erwähnten Winkel an der Erde, abweichend von seinen Zeitgenossen, ziemlich richtig auf 89° 45' bestimmte; die Beobachtungen sind aber vermuthlich nicht auf Majorka, wie Arago angibt, sondern in der Nähe von Hyères gemacht, woselbst

sich Wendelinus, nach seiner Rückkehr von Rom, als Lehrer von Gassendi, längere Zeit aufhielt.

3. S. 312. Nicht nur die Mohamedaner, sondern in demselben Grade auch die Juden sind, wegen ihrer alten Chronologie und wegen gewisser noch heutzutage üblichen Gebräuche beim ersten Begrüßen der Mondsichel, lebhaft bei der Frage interessirt, wie lange nach der Conjunction mit der Sonne der Mond zuerst wiedererscheint. Hevel in der Selenographie behandelt diese Frage ausführlich; auch Riccioli Alm. nov. I. P. I. S. 190 sq. — Keppler erwähnt zweier Fälle, wo der Neumond am Tage der Conjunction selbst mit bloßen Augen wahrgenommen wurde. Die Beobachtung des Vespucci erzählt Joh. Bapt. Ramusius im 1. Bde. De Navigatione S. 132.

4. S. 319. Plutarch in der lesenswerthen Abhandlung De facie in orbe Lunae; die im Texte angeführten Verse nach Kaltwasser's Uebersetzung Moral. Abh. Bd. 7. S. 205.

5. S. 323. Die Meinung des Peripatetikers Klearchus im angeführten Dialoge, S. 206. — Vergl. hierzu und wegen ähnlicher Stellen auch Kosmos Bd. III. S. 543 Anm. 38.

6. S. 323. Galilei's Beobachtungen und Zeichnungen der Mondscheibe enthält der Nuncius Sidereus; nach den dortigen Angaben beträgt die Höhe der größten Mondberge vier italienische Meilen; so daß die Zahlenangabe im Texte S. 324 wohl um mehr als 1000 Toisen zu verringern wäre. Vergl. die londoner Ausgabe des Nunc. Sid. vom Jahre 1653. S. 26; auch Kosmos Bd. III. S. 507.

7. S. 324. Riccioli selbst macht hierüber folgende Angaben (Alm. Nov. I. P. I. S. 208): Die Höhe des Berges Sinai oder der heiligen Katharina beträgt 9 Milliaria Bononiensia, deren der Erddurchmesser 8278 enthält; danach würde die größte Höhe in der That unter 50000 Fuß enthalten. Johann Keill (Introductiones ad veram Physicam 1739, S. 295) führt übrigens Riccioli's eigene Berechnung unverändert auf. — Unerwähnt mag indessen nicht bleiben, daß Riccioli selbst (a. a. O. S. 234) seine berechneten Berghöhen, wie sie in unserm Texte und sonst mehrfach angeführt werden, späterhin etwas verringert hat.

8. S. 334. Entretiens sur la Pluralité des Mondes, marseiller Ausg. von 1780, S. 47; in Bode's 3. Ausg. S. 113.

9. S. 337. Von dieser merkwürdigen Beobachtung findet man die für jene Zeit vortreffliche Abbildung der Erscheinung in Franz Bianchini's Buche Hesperi et Phosphori nova Phaenomena, Rom 1728, S. 5. Außer dem im Texte gegebenen Erklärungsgrunde ließen sich auch noch andere aufstellen, z. B. die Annahme einer gewölbten Thalfläche im Innern jenes umfänglichen Ringgebirges; auch war Bianchini selbst in der Erklärung nicht ganz zweifellos.

10. S. 343. Die Erfindung der Methode, aus der Dauer beobachteter Sternbedeckungen das Nichtvorhandensein einer Mondatmosphäre, oder wenigstens deren erstaunlich geringe Dichte herzuleiten, und das Verdienst, diese Methode praktisch angewandt zu haben, werden gewöhnlich irriger Weise Bessel zugeschrieben. Vergl.

z. B. Mädler, Astr. 4. Aufl. S. 197, und Bessel's Abhandlung im 11. Bde. der Astronom. Nachrichten No. 263. — Indessen hat Tobias Mayer schon achtzig Jahre früher nicht nur diese Methode vorgeschlagen, sondern auch aus eigenen Beobachtungen von Sternbedeckungen durch den Mond, den Beweis geliefert, „daß der Mond keinen Luftkreis habe." Kosmographische Nachrichten und Sammlungen auf das Jahr 1748, S. 397 u. ff.

11. S. 349. Den Nachrichten zufolge, die wir durch Lichtenberg über Tobias Mayer's Mondarbeiten besitzen, bedarf diese Stelle der Berichtigung. Von den beiden Mondkarten, die Mayer herauszugeben beabsichtigte, besitzen wir in der That die kleinere, und diese, welche die erste auf wirklichen Messungen beruhende Darstellung der Oberfläche unsers Satelliten bietet, hat bis auf die neueste Zeit fast allen späteren Darstellungen zur Grundlage gedient. Sie ist dem ersten Bande der Opera inedita (Göttingen 1775. 4⁰) angehängt. — Die größere Karte ist allerdings nicht ganz zur Vollendung gekommen; indessen hat nicht, wie unser Text angibt, der Tod an der Vollendung gehindert, sondern der Verfasser hatte diese Arbeit schon lange vorher bei Seite gelegt. Vergl. Christ. Lichtenberg im Appendix Observationum l. c. S. 105.

12. S. 356. Humboldt im Kosmos III. Bd. S. 509 und 545.

13. S. 362. Sir John Herschel in Outlines of Astronomy 1847.

14. S. 369. Die Literatur über die früheren Versuche, den Wärmeeinfluß der Mondstrahlen direct nachzuweisen, gibt sehr vollständig Knoblauch im 2. Bde. der Fortschritte der Physik 1848, S. 273; daselbst auch eine ausführliche Darstellung des Melloni'schen, im Texte erwähnten Versuches. Schon vorher wollen Howard und Watt eine Wirkung des Mondlichts auf das Thermometer erkannt haben. Vergl. Comptes Rendus T. XXII. S. 541—544; Humboldt im Kosmos III. Bd. S. 539 Anm. 21. Melloni's Brief ist außerdem im LXVIII. Bde. von Poggendorff's Annalen abgedruckt.

15. S. 371. Von einem großen, zwei Zoll im Durchmesser haltenden Lichtbilde des Mondes von Whipple zu Boston, berichtet Hr. von Humboldt (Kosmos III. Bd. S. 505). Gesammtbilder von noch beträchtlicheren Dimensionen und Specialkarten einzelner Flecken (Kopernikus) sind seitdem mehrfach der pariser Akademie vorgelegt worden; indessen sind wenigstens einige darunter, angeblich mit 1200facher Vergrößerung zu Rom angefertigte Lichtbilder Nichts als vergrößerte Lichtbildcopien von kleinen, retouchirten Originalbildern. Die lange Dauer, während welcher man das Licht, selbst des Vollmondes, einwirken zu lassen genöthigt ist (etwa 8 Minuten bei den empfindlichsten Platten), machen es ganz unmöglich, das Fernrohr bei starken Vergrößerungen den Bewegungen des Mondes, auch in Declination, genau folgen zu lassen.

16. S. 375. Tycho im zweiten Buche Progymnasmatum Astronomiae instauratae; vergl. Keppler in Paralipomena ad Vitell. S. 254 und Riccioli Almag. novum I. P. 1. S. 199.

17. S. 376. Keppler am angef. Orte; Kosmos III. Bd. S. 499 und 541.

Daß die richtige Erklärung des aschfarbenen Lichtes zuerst von Leonardo da Vinci aufgestellt wurde, war in Italien auch lange vor Venturi bekannt; Lalande erwähnt dieser Thatsache in seiner Astronomie § 1412, Ausg. von 1793.

18. S. 398. Ueber die Erscheinung der Wolkenzerstreuung bei leichtbedecktem Himmel durch den aufgehenden Vollmond vergleiche man Humboldt im Kosmos III. Bd. S. 547 Anm. 52, woselbst auch die literarischen Nachweise für den größeren Theil der von Arago erwähnten Untersuchungen über den Einfluß des Mondes auf unsere Atmosphäre gegeben werden.

19. S. 402. Vermuthlich ist der Name des englischen Arztes zu verbessern in Mead; so führt wenigstens Lalande dessen Schrift an: „De imperio Solis ac Lunae in corpore humano,“ in der großen französischen Encyclopédie, Art. Lune. — Der auf S. 399 in der Anm. erwähnte Cyrano Bergerac (1620 in der Gascogne geb., gest. 1655) hat eine Histoire comique des Etats et Empires de la Lune geschrieben, auf die sich Arago wohl beziehen mag.

20. S. 412. Toaldo bearbeitete in seiner, damals ungemeines Aufsehen erregenden Schrift Della vera influenza degli astri, delle stagioni e mutazioni di tempo; saggio meteorologico cet (Padua 1770, wieder gedr. 1781), die vierzehnjährigen Beobachtungen des Physikers Poleni. — Die sämmtlichen hierher gehörigen Resultate findet man, namentlich was die neueren Arbeiten betrifft (Eisenlohr, Quetelet, Mädler) vollständiger, als im Texte geschieht, zusammengestellt in der fleißigen und gelehrten Abhandlung des Oberlehrer Hermes „Ueber Wetter und Wetterprophezeiung“ in Henneberg's Journal für Landwirthschaft, 4. Jahrg. Celle 1856, S. 434 u. ff. — Ausführlichere Mittheilungen aus Schübler's Untersuchungen enthielten dessen Grundsätze der Meteorologie, 2. Ausg. 1847, S. 215.

Zweiundzwanzigstes Buch.

Finsternisse und Bedeckungen.

Erstes Kapitel.

Definitionen.

Wenn die Sonnenscheibe einige Stunden lang die kreisförmige Form, unter welcher sie uns gewöhnlich erscheint, verliert, so nennt man dies eine Sonnenfinsterniß. Die Sonnenscheibe wird auf einer Seite sichelförmig ausgeschnitten, der dunkle Theil wächst eine gewisse Zeit hindurch, wird dann kleiner und verschwindet zuletzt wieder ganz. Bisweilen erstreckt sich die Finsterniß über die ganze Scheibe, und die Sonne verschwindet dann vollständig, während in andern besondern Fällen ein dunkler Fleck auf dem leuchtenden Gestirne erscheint, der ringsherum einen leuchtenden Ring übrig läßt.

Der Mond bietet ähnliche Erscheinungen dar, die man nicht mit den Phasen desselben verwechseln kann; ein Theil seiner leuchtenden Scheibe verschwindet auf einige Zeit, indem er sich verdunkelt, in ziemlich kurzer Zeit allmälich an Ausdehnung wächst und dann wieder abnimmt.

Wir wollen nun die Sonnen- und Mondfinsternisse zu erklären suchen. Zuvor muß ich aber als vollkommen feststehende Thatsache hervorheben, daß Sonnenfinsternisse nur zur Zeit des Neumondes oder der Conjunction, Mondfinsternisse dagegen zur Zeit des Vollmondes oder der Opposition beobachtet werden.

Zweites Kapitel.

Erklärung der Sonnenfinsternisse.

Obwohl der Mond im Vergleich zur Sonne sehr klein ist, so erscheint er uns doch beinahe unter demselben Gesichtswinkel, weil er der Erde viel näher ist; infolge der Aenderungen des Abstandes beider Gestirne von der Erde kommt es selbst vor, daß sie im Laufe der Zeit einander abwechselnd an scheinbarer Größe übertreffen, daß also der Mond bald einen größern, und bald einen kleinern Durchmesser zeigt, als die Sonne.

Wenn der Mond zwischen Sonne und Erde steht, so versieht er für uns gewissermaßen den Dienst eines Schirmes, und entzieht uns den Anblick entweder der ganzen Sonne oder eines mehr oder minder beträchtlichen Theiles derselben; ich muß jedoch hinzusetzen, daß der Mond sich zur Zeit seiner Conjunction auch ober- oder unterhalb der Sonne befinden kann, da seine Bahn nicht genau mit der Ebene der Ekliptik zusammenfällt, sondern mit ihr einen Winkel von ungefähr 5° macht (s. S. 320). Soll in einer Conjunction eine Finsterniß eintreten, so muß sie also in der Nähe der Knoten der Mondbahn, d. h. in der Nähe der Ebene der Erdbahn eintreten.

Die Breite des Mondes, oder sein Abstand von der Ebene der Ekliptik im Augenblicke der Conjunction entscheidet, ob der Mond die ganze Sonne bedecken, oder nur das Licht eines beschränkten Theiles derselben uns entziehen, oder ob er in Bezug auf den Beobachter vielmehr an solchen Punkten des Himmels erscheinen wird, daß er gänzlich ober- oder unterhalb des Tagesgestirns zu liegen kommt.

Wenn zur Zeit der größten Verdunkelung der Mond nur einen bestimmten Theil der Sonnenscheibe verdunkelt, so heißt die Finsterniß eine p a r t i a l e.

Wenn zur Zeit der größten Verdunkelung der Mond die Sonne ganz und gar verdunkelt, so nennt man die Finsterniß t o t a l.

Wenn endlich während einer Verfinsterung ein Zeitpunkt eintritt, wo der Mond sich zwar völlig auf die Sonne projicirt, jedoch nur den innern Theil ihrer Scheibe bedeckt, und dagegen den Rand sichtbar

läßt, so daß die Sonne wie eine schwarze, von einem leuchtenden Ringe umgebene Scheibe erscheint, so heißt die Finsterniß ringförmig.

Um die Größe einer partialen Finsterniß anzugeben, hatten die alten Astronomen eingeführt, den Durchmesser der Sonne in zwölf Theile, Zolle genannt, zu theilen; es findet eine Finsterniß von 1, 2, 3, 4 Zollen statt, jenachdem zur Zeit der größten Verdunkelung $^1/_{12}$, $^2/_{12}$, $^3/_{12}$, $^4/_{12}$ vom Durchmesser der Sonne durch den Mond verdunkelt werden.

Diese veralteten Bezeichnungen sind in unsern Tagen noch in einigen astronomischen Ephemeriden im Gebrauch.

Da Mond und Sonne nicht in gleichen Entfernungen von der Erde stehen, so projiciren an verschiedenen Orten befindliche Beobachter beide Gestirne nicht auf dieselben Punkte des Himmels. Daher kommt es, daß eine Finsterniß an gewissen Orten total, dagegen nur partial an andern sich zeigt; daß z. B. schon Paris bisweilen keine Spur einer partialen Sonnenfinsterniß gesehen hat, die zu Toulouse sichtbar gewesen ist, und ebenso umgekehrt.

Es ist nicht überflüssig zu bemerken, daß unter gewissen seltnen Umständen eine Finsterniß total an einem, und ringförmig an einem andern Orte sein kann. Dieser Fall tritt ein, wenn die scheinbaren Durchmesser der Sonne und des Mondes nahe gleich sind. Da der Mond nicht von allen Punkten der Erdoberfläche gleich weit absteht, und die Unterschiede in diesen Entfernungen in noch merklichen Verhältnissen zu dem absoluten Abstande desselben stehen, so sehen einige Beobachter den Mond größer, andere aber kleiner als die Sonne. Denselben Erfolg kann die Bewegung des Mondes im Apogäum oder Perigäum haben. (?)

Soll eine totale Finsterniß entstehen, so müssen zur Zeit ihrer Erscheinung die nach den beiden Endpunkten eines Monddurchmessers gezogenen Gesichtslinien einen größern Winkel einschließen, als die beiden nach den Endpunkten eines Sonnendurchmessers gezogenen; oder es muß, um den astronomischen Ausdruck zu gebrauchen, der Winkeldurchmesser des Mondes den Winkeldurchmesser der Sonne übertreffen. Wenn der Eintritt des Neumondes mit dem Zeitpunkte zusammenfällt, wo der Winkeldurchmesser desselben ein Minimum ist, d. h. wo der Mond

sich im Apogäum befindet, so können bestimmte Bedingungen durch die Projection desselben auf die Sonne nur die Entstehung einer ringförmigen Finsterniß veranlassen. Wenn dagegen zur Zeit der Conjunction in der Ekliptik der Winkeldurchmesser des Mondes ein Maximum ist, d. h. der Mond sich in seinem Perigäum oder in der kleinsten Entfernung von der Erde befindet, so würde unter günstigen Umständen eine totale Verfinsterung entstehen. Diese Erläuterungen enthalten Alles, was ich vorzutragen habe, damit man nicht frage, warum z. B. die Finsterniß vom 8. Juli 1842 total gewesen ist, während die Finsterniß von 1836 in ihrem Maximum ringförmig war; oder warum die Finsterniß vom 8. Juli im südlichen Frankreich total, aber in Paris nur partial war?

Die Inbetrachtnahme der relativen Größen der Mond- und Sonnendurchmesser allein genügt aber nicht, um im Voraus die Umstände anzuzeigen, unter welchen eine Verfinsterung der Sonne entstehen wird; mit Hülfe von Mondtafeln muß man auch noch die Breiten der verschiedenen Punkte der Mondscheibe zur Zeit ihrer Conjunction und die Wirkung der Mondparallaxe, die sich von einem Punkte der Erde zum andern ändert, bestimmen.

Drittes Kapitel.

Erklärung der Mondfinsternisse.

Die Erklärung der Mondfinsternisse ist schwieriger als die der Sonnenfinsternisse.

Früher haben wir gesehen, daß der Mond kein selbstleuchtender Körper ist, daß er nur leuchtet, wenn er von der Sonne bestrahlt wird. Wenn nun der Mond bei seinem Umlaufe um die Erde irgend einmal in eine Stellung käme, wo das Sonnenlicht ihn nicht erreichen könnte, so würde er verschwinden, oder verfinstert werden müssen. Da die Erde ein undurchsichtiger Körper ist, so wirft sie nach der von der Sonne abgewandten Seite einen Schattenkegel, in welchen kein Licht von diesem Gestirn dringen kann, in welchem der Mond folglich auch

niemals von den Strahlen getroffen wird, die er gewöhnlich zurückwirft, bevor er in jenen beschatteten Raum eintritt.

Wir wollen untersuchen, ob unser Satellit in den genannten Schattenkegel eintreten kann. Zu diesem Ende ziehen wir auf einer großen Tafel (Fig. 298) einen Kreis, dessen Halbmesser OA 112 mal

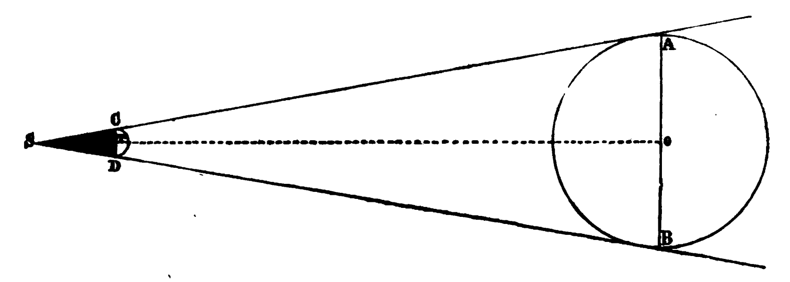


Fig. 298. — Bestimmung des hinter der Erde entstehenden Schattenkegels.

so groß ist als die Länge einer Linie, welche den Halbmesser der Erde darstellen soll; ziehen in diesem Kreise, welcher die Sonne vorstellt, einen Durchmesser AB, und errichten darauf im Mittelpunkte die Senkrechte OT, die wir 23984 mal so groß, als den Erdhalbmesser nehmen. Die angegebene Länge ist, wie man aus S. 281 sieht, die in Erdhalbmessern ausgedrückte Entfernung der Sonne von der Erde. Am Ende der Linie OT beschreiben wir ferner mit einem Halbmesser TC = 1 einen Kreis, welcher die Erdkugel vorstellt. Ziehen wir dann durch entsprechende Punkte der beiden, Sonne und Erde vorstellenden Kreise gemeinschaftliche Tangenten auf einer und derselben Seite der Kreise, so werden diese offenbar hinter der Erde den beschatteten Raum oder Schattenkegel begrenzen, in welchen das durch die Erde als Schirm aufgehaltene Sonnenlicht nicht gelangen kann. Mißt man nun in der Zeichnung den Abstand der Spitze des Schattenkegels von dem Mittelpunkte der Erde, so wird man finden, daß die Spitze dieses Kegels 216 Erdhalbmesser von der Erde absteht, d. h. 3 mal weiter als die Entfernung des Mondes von der Erde.

An die Stelle des graphischen Verfahrens kann man eine Berechnung ähnlicher Dreiecke setzen, die natürlich in Bezug auf die Lage der

Spitze des Schattenkegels zu demselben Resultate führen muß. Man hat nämlich die Proportion

$$ST : SO = TC : AO$$

oder auch

$$ST : ST + TO = TC : AO.$$

Wenn man die Längen TO, TC, AO durch ihre Zahlenwerthe ausdrückt, so erhält man

$$ST : ST + 23984 = 1 : 112$$

woraus man erhält

$$112\ ST = ST + 23984$$

und folglich

$$ST = 216^{8}/_{111}.$$

Ich theile noch ein drittes Verfahren mit, wodurch man ebenfalls finden kann, daß die Spitze des Schattenkegels sehr weit von der Erde liegt. Ein in diese Spitze gestellter Beobachter muß offenbar den Erddurchmesser so groß wie den Sonnendurchmesser sehen; nun ist aber bei mittlerem Abstande des Mondes von der Erde der Winkeldurchmesser unserer Erde nach S. 315 1° 54′; in doppeltem Abstande würde dieser Durchmesser halb so groß sein, also 57′ betragen; in dreifachem Abstande würde er 3mal kleiner sein als im ersten Falle, oder 38′ betragen, also noch etwas den Sonnendurchmesser übertreffen, so daß also erst bei einem mehr als dreifach größern Abstande die durch die entgegengesetzten Ränder unserer Erde gelegten Gesichtslinien die entsprechenden Ränder der Sonne streifen würden. Allerdings habe ich in der vorstehenden Rechnung die Voraussetzung gemacht, daß der Winkeldurchmesser der Erde allein mit der Aenderung der Entfernung des Beobachters sich ändere, und den Sonnendurchmesser als constant betrachtet; aber Aenderungen um den 1, 2 oder 3 fachen Abstand des Mondes von der Erde bringen in dem Winkeldurchmesser der Sonne, da ihr Abstand von der Erde so sehr beträchtlich ist, nur sehr kleine Aenderungen hervor, und außerdem würden diese Aenderungen, so klein sie auch sein möchten, nur den Einfluß haben, die Spitze des Kegels noch weiter hinauszurücken. Somit steht also fest, daß die Spitze des hinter der Erde gelegenen Schattenkegels, in dessen Inneres keine Sonnenstrahlen gelangen, über 3mal weiter als der Mond von

der Erde absteht. Diese Lage der Spitze des Schattenkegels bezieht sich, wie angeführt, nur auf die mittleren Werthe des Abstandes der Sonne von der Erde, und die entsprechenden relativen Größen der Durchmesser dieser beiden Gestirne; die Spitze wird sich ein wenig entfernen oder nähern, wenn Sonne und Erde in andere Stellungen als die eben betrachteten kommen.

Sonach scheint es, als ob der Mond bei seinem Umlaufe um die Erde stets zur Zeit seiner Oppositionen oder seines vollen Lichtes in den Schattenkegel, welchen die Erde hinter sich wirft, eintreten müßte. Dies wird aber durch die Beobachtungen nicht bestätigt; ich werde sogleich den Grund davon anführen.

Um zu entscheiden, ob der Mond ganz verschwinden kann, indem er in den Schattenkegel eintritt, untersuchen wir zuerst, wie groß die Breite dieses Raumes, in den das Sonnenlicht nicht eindringt, in einer Reihe von Punkten ist, wo der Mond ihm begegnet, und wir werden finden, daß dieser Raum $2^{8}/_{10}$ mal den vom Monde eingenommenen übertrifft. Die Frage ist also jetzt eine vollständig andere geworden; wir wollten untersuchen, ob der Mond zur Zeit seines vollen Lichtes verschwinden könnte, und haben jetzt vielmehr zu ergründen, warum er in seinen Oppositionen nicht verschwindet.

Wenn die Ebene der Mondbahn mit der Ebene der Ekliptik zusammenfiele, also mit derjenigen Ebene, in welcher die Axe des die Erde stets begleitenden Schattenkegels liegt, so würde der Mond durch die Mitte dieses Kegels gehen, und in jedem Mondwechsel fast genau gleich lange verdunkelt werden. Der Mond bewegt sich aber in einer Ebene, welche mit der Ebene der Ekliptik einen sehr merklichen Winkel, einen Winkel von ungefähr 5° macht, so daß er bei Ankunft in seinen Oppositionen sich bald oberhalb bald unterhalb des Schattenkegels befindet. Nur bei denjenigen Oppositionen, welche in der Nähe seiner Knoten eintreten, dringt der Mond nothwendig in den centralen Theil des Schattenkegels ein, und verschwindet folglich ganz, d. h. wir haben eine totale Finsterniß. Aus den sehr verschiedenen Abständen des Mondes von seinen Knoten zur Zeit seiner Oppositionen läßt sich erklären, wie es kommt, daß zahlreiche Oppositionen desselben ohne eine totale oder partiale Verfinsterung vorübergehen.

Längere Zeit vor dem Augenblicke des Eintretens in den Schattenkegel sieht man das Licht des Mondes allmälich schwächer werden. Diese Erscheinung läßt sich leicht erklären; sie ist die Folge eines Halbschattens um den eigentlichen Schatten (Kernschatten). Wir wollen eine ähnliche Figur (Fig. 299), wie diejenige, welche uns zur Bestimmung der Größenverhältnisse des Kernschattens gedient hat, zeichnen,

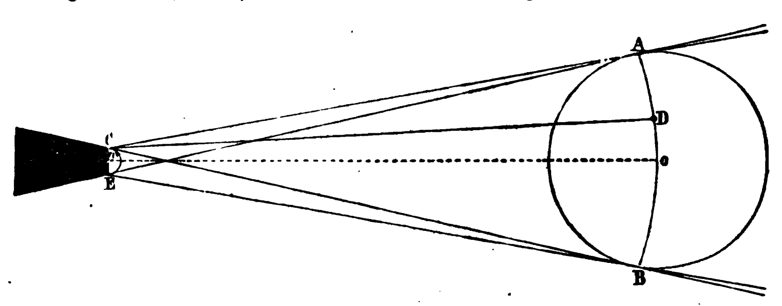


Fig. 299. — Bestimmung des Halbschattens hinter der Erde.

und nicht nur die äußern Tangenten, wie SCA und SEB, sondern auch die Tangenten CB und EA durch die an Sonnen- und Erdscheibe entgegengesetzt liegenden Punkte ziehen. Nehmen wir diese Tangenten an alle Punkte der beiden Kugeln gezogen an, so begrenzen sie einen ringförmigen Raum, in welchen das Sonnenlicht nur zum Theil gelangt. Außerhalb dieses Raumes bewegen sich die von allen Punkten der Sonnenscheibe ausgehenden Strahlen frei ohne alles Hemmniß, dagegen werden die innerhalb desselben gelegenen Punkte nur von einem Theile der nach der Erde gewandten Sonnenhalbkugel erleuchtet.

So empfängt z. B. der Punkt L von keinem zwischen D und B liegenden Theile der Sonnenscheibe Licht; es ist klar, daß die Dunkelheit in dem Halbschatten um so größer ist, je näher man den beiden Tangenten kommt, welche den Kernschatten begrenzen, und daß folglich der Mond um so weniger erleuchtet sein und mit einem um so schwächeren Lichte leuchten muß, je mehr er sich eben diesen Grenzen des Kernschattens, oder dem Raume, in welchem er ganz verschwindet, nähert.

Wir haben zuvor gesehen, daß Mondfinsternisse eintreten, wenn

die Erde zwischen ihrem Satelliten und der Sonne steht; daher können diese Erscheinungen nur zur Zeit des Vollmondes (S. 429) beobachtet werden; Sonnenfinsternisse finden dagegen statt, wenn der Mond zwischen Erde und Sonne tritt, d. h. wenn der Mond uns seine von der Sonne nicht beleuchtete Seite zukehrt.

Viertes Kapitel.

Berechnung der Finsternisse.

Lenken wir einen Augenblick unsere Schritte wieder zurück, und untersuchen, wie es möglich ist, die Tage, an denen eine Sonnen- oder Mondfinsterniß eintreten wird, sammt den nähern Umständen derselben im Voraus zu berechnen.

Wir wollen annehmen, es handele sich zuerst um Sonnenfinsternisse. Mittelst Mond- und Sonnentafeln, die für einen im Mittelpunkte der Erde befindlichen Beobachter berechnet sind, sucht man die Zeiten aller Neumonde, d. h. der Conjunctionen unseres Satelliten mit der Sonne; dieselben Tafeln geben auch für diese einmal bestimmten Zeitpunkte die Breiten des Mondes. Wenn die Breite des der Ekliptik nächsten Punktes der Mondscheibe kleiner ist als der halbe Durchmesser der Sonne, so wird die Conjunction mit einer Verfinsterung verbunden sein; wenn dagegen die Breite den halben Durchmesser der Sonne übertrifft, so tritt für einen im Mittelpunkte der Erde befindlichen Beobachter keine Verfinsterung ein. Doch muß ich bemerken, daß es sich beim Uebergange von dem Mittelpunkte zur Oberfläche ereignen kann, daß durch den Einfluß der Mondparallaxe bei einer Conjunction, die von dem Mittelpunkte der Erde aus gesehen, mit keiner Verfinsterung verbunden ist, eine solche für die Oberfläche eintritt; und umgekehrt, daß eine für den Mittelpunkt der Erde partiale Finsterniß nicht mehr stattfindet, wenn der Beobachter sich nach diesem oder jenem Orte der Oberfläche begibt. Man begreift nun, warum die astronomischen Ephemeriden unter dem Namen der allgemeinen Finsterniß die Stunden des Anfangs und Endes der Sonnenfinsterniß für einen im Mittelpunkte befindlichen

Beobachter geben, und wie diese Resultate abgeändert werden müssen, wenn man den Beobachter auf der Oberfläche in diesem oder jenem Orte annimmt.

Auf dieselbe Weise, wie die Sonnenfinsternisse, werden auch die Verfinsterungen des Mondes berechnet; mittelst der Tafeln bestimmt man ebenfalls die Augenblicke der Oppositionen oder der Vollmonde, und untersucht dann für diese Zeitpunkte, ob die zugehörige Breite des der Ekliptik nächsten Punktes des Mondes größer oder kleiner als der halbe Durchmesser des Schattenkegels; hierdurch erfährt man, bei welchen Oppositionen Verfinsterungen eintreten, und bei welchen nicht. Es muß nur bemerkt werden, daß bei Mondfinsternissen, weil diese durch den wirklichen Eintritt des Gestirns in den Schattenkegel erzeugt werden, also durch eine Auslöschung seines Lichtes, nicht durch eine Wirkung der Projection, die mehr oder minder große Parallaxe des Mondes ohne Einfluß ist, und daß die Verfinsterungen desselben sich mit denselben Umständen an allen denjenigen Punkten der Erde zeigen, für welche das Gestirn über dem Horizonte steht, d. h. ungefähr in der ganzen Erstreckung einer Halbkugel unserer Erde.

Man darf diesen Unterschied zwischen den Sonnen- und Mondfinsternissen nicht aus den Augen verlieren; denn er ist wesentlich.

Aus den Sonnen- und Mondtafeln ergibt sich, daß im Mittel auf der ganzen Erde im Laufe von 18 Jahren 70 Finsternisse, und zwar 29 am Monde und 41 an der Sonne beobachtet werden können.

Niemals gibt es in einem Jahre mehr als 7 Finsternisse, aber auch nie weniger als zwei.

Beträgt die Zahl der Finsternisse nur 2, so treten sie beide an der Sonne ein.

Auf der gesammten Erde übertrifft die Zahl der Sonnenfinsternisse die der Mondfinsternisse fast im Verhältniß von 3 : 2. An einem gegebenen Orte dagegen gibt es aus dem schon angeführten Grunde, wonach die Mondfinsternisse in allen Gegenden der Erde gesehen werden, für welche überhaupt der Mond aufgegangen ist, weniger Sonnen- als Mondfinsternisse. In Nichtbeachtung dieses Verhältnisses haben manche Compilatoren arge Fehler begangen; sie haben mehr Mondfinsternisse als Sonnenfinsternisse geschaffen, indem sie unüberlegter

Weise eine nur für jeden Punkt im Besondern geltende richtige Thatsache auf die ganze Erdkugel anwandten.

Auf der gesammten Erde erhält man beinahe die mittlere Zahl der Sonnenfinsternisse, wenn man die Zahl der Mondfinsternisse um die Hälfte vergrößert.

Zum Beweise, daß auf der ganzen Erde mehr Sonnen- als Mondfinsternisse vorkommen, genügt die Bemerkung, daß der Schattenkegel, in welchen unser Satellit ganz oder theilweise eintreten muß, wenn eine Mondfinsterniß eintreten soll, schmaler ist als die Zone, in welcher dasselbe Gestirn sich befinden muß, wenn es eine Sonnenfinsterniß erzeugt; denn man sieht leicht, daß das Eintreten des Mondes in den eben bezeichneten Raum, wie gering es immerhin sei, für irgend einen Theil der Erde nothwendig eine Sonnenfinsterniß zur Folge hat. Wir wollen, indem wir uns einer ähnlichen Figur bedienen, wie solche zur Bestimmung der Größenverhältnisse des Schattenkegels gedient hat, annehmen, daß der Mond nach L (Fig. 300) sehr nahe an die für Sonne und Erde gemeinschaftlichen Tangenten gekommen sei; legen wir dann durch den Punkt L die Linie FLP parallel mit diesen gemeinschaftlichen Tangenten, so leuchtet ein, daß ein in F stehender Beobachter O den Mond L in P auf die Sonne projicirt sieht.

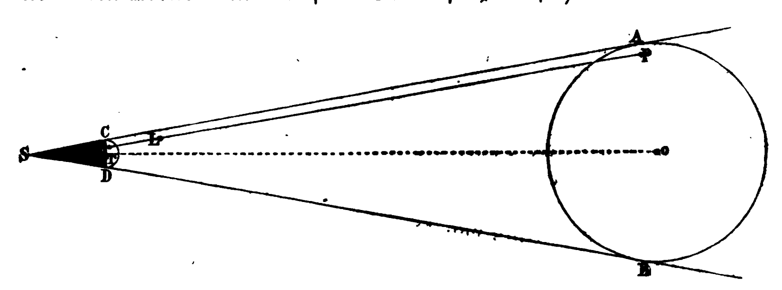


Fig. 300. — Erklärung der größeren Häufigkeit von Sonnen-, als von Mondfinsternissen.

In jeder Periode von 18 Jahren gibt es im Mittel 28 centrale Sonnenfinsternisse, d. h. solche, welche je nach den Umständen ringförmig oder total werden können; da aber die Region der Erde, in welchem die Finsterniß die eine oder andere Beschaffenheit haben kann,

sehr schmal ist, so sind an einem gegebenen Orte ringförmige oder totale Sonnenfinsternisse äußerst selten.

Halley fand im Jahr 1715, daß seit dem 20. März 1140, d. h. in einem Zeitraume von 575 Jahren in London keine einzige totale Sonnenfinsterniß eintrat. Seit der Finsterniß von 1715 hat London keine zweite gesehen. Für Montpellier, das durch die Combination der verschiedenen Elemente, welche zur Erzeugung des Phänomens beitragen, viel mehr begünstigt ist, finden wir totale Finsternisse

am 1. Januar 1386
„ 7. Juni 1415
„ 12. Mai 1706
„ 1. Juli 1842

In Paris ist im Laufe des 18. Jahrhunderts nur eine totale Sonnenfinsterniß, nämlich die von 1724 sichtbar gewesen.

Im 19. Jahrhundert hat daselbst keine statt gefunden, und wird auch ferner keine eintreten.

Du Séjour fand 1777 durch Rechnung

für die längst mögliche Dauer einer Finsterniß	auf dem Aequator . .	4^h	27^m	44^s
	unter dem Parallel von Paris	3	26	32
für die längst mögliche Dauer der ringförmigen Phase	auf dem Aequator		12^m	24^s
	unter dem Parallel von Paris		9	56
für die längst mögliche Dauer der totalen Verfinsterung	auf dem Aequator		7^m	58^s
	unter dem Parallel von Paris		6	10

Die totale Finsterniß von 1706 dauerte zu Montpellier 4^m 10^s.

Die totale Finsterniß von 1715 dauerte zu London 3^m 57^s.

Die totale Finsterniß von 1724 dauerte zu Paris 2^m 16^s.

Am Bord des Schiffes l'Espagne dauerte die totale Finsterniß von 1778 nahe 4^m.

Die totale Finsterniß von 1806 dauerte zu Kinderhook in Amerika 4^m 37^s.

Die totale Finsterniß von 1842 dauerte zu Perpignan 2^m 10^s.

Die totale Finsterniß von 1851 dauerte zu Danzig 2^m 56^s.

Die Geschichtschreiber im Alterthum erwähnen einige wahre oder irrige totale Sonnenfinsternisse; z. B.

die Finsterniß, welche nach Herodot während einer Schlacht zwischen den Lydern und Medern 603 v. Chr. eintrat (sie ist nichts weniger als sicher; Costard setzt sie in das Jahr 630);

die von Thales für 585 vorhergesagte Finsterniß (es ist dies nur eine andere Zeitangabe für die vorhergehende);

die Finsterniß, welche 480 eintrat (sehr zweifelhaft);

Finsternisse, welche statt gefunden haben sollen i. d. J. 431 und 310 v. Chr.

Nach Christi Geburt finden wir von den Geschichtsschreibern verzeichnet:

die totale Finsterniß beim Tode der Agrippina 59; ferner die totalen Finsternisse von 98, 237, 360, 484, 787, 840, 878, 957, 1133, 1187, 1191, 1241, 1386, 1415, 1485, 1544, 1560, 1567, 1598, 1605, 1706, 1715, 1724, 1778, 1806, 1842, 1850, 1851.

Die sichersten Angaben für ringförmige Finsternisse sind:

das Jahr 44 v. Chr.; ferner n. Chr. die Jahre 334, 1567, 1598, 1601, 1737, 1748, 1764, 1820, 1836.

Zu Paris fand eine ringförmige Finsterniß am 9. October 1847 statt.

Beim Durchgehen nachfolgender Tabelle wird der Leser ersehen, wie selten totale Finsternisse, und zwar nicht bloß für einen gegebenen Ort, sondern auch für die ganze Erdkugel sind.

Totale Sonnenfinsternisse bis zum Ende des 19. Jahrhunderts.

Datum.	Ort, wo die Verfinsterung total sein wird.
1856. 5. April	New-Orleans.
1860. 18. Juli	Nördliches Amerika, Spanien, Nordafrika 2c.
1861. 31. December .	Atlantischer Ocean, Mittelmeer, Sahara.
1870. 22. December .	Azoren, südliches Spanien, Algier, Sicilien, Türkei.
1887. 19. August ..	Nördliches Deutschland, südliches Rußland, Mittelasien.
1896. 9. August ...	Grönland, Lappland, Sibirien.
1900. 28. Mai	Vereinigte Staaten, Spanien, Algier, Egypten.

Die Zeugnisse über die totalen Sonnenfinsternisse hatten Tycho nicht von ihrem Vorhandensein überzeugt. Gestützt auf einige mit unbewaffneten Augen gemachte Messungen der Winkeldurchmesser, aus welchen er glaubte schließen zu dürfen, daß der Monddurchmesser von der Erde aus niemals so groß wie der Sonnendurchmesser erscheinen könnte, ging er 1600 so weit, Zweifel gegen die Wirklichkeit eines Phänomens zu erheben, das damals noch Tausende von lebenden Zeugen hatte; er erkannte weder den von Clavius über die 1560 zu Coimbra beobachtete totale Sonnenfinsterniß gegebenen Bericht an, noch auch den über die 1598 in Torgau eingetretene totale Verfinsterung.

Wenige Jahre genügten, um zu zeigen, daß falsche Messungen Tycho irre geleitet hatten. Im Jahre 1605 trat eine große Sonnenfinsterniß ein, die zu Neapel auf einige Augenblicke total war. Seitdem sind, wie schon erwähnt, totale Finsternisse beobachtet worden in den J. 1706, 1715, 1724, 1778, 1806, 1842, 1850 und 1851.

Sonach laufen die Astronomen keine Gefahr sich zu täuschen, wenn sie diese Erscheinungen vorhersagen. Wenn im 17. Jahrhundert gewisse Ephemeriden für Rom auf den 12. Juli 1684 eine totale Finsterniß ankündigten, während welcher später in Wirklichkeit nur drei Viertel der Sonne verschwanden, so lag dieß in der Mangelhaftigkeit der Tafeln, war aber auch zum Theil Schuld der Berechner. Heutigen Tages ist man ähnlichen Irrungen nicht mehr ausgesetzt; jetzt sind die Ankündigungen des Anfangs und Endes der Finsterniß bis auf einige Secunden genau, während 1706 nach den Beobachtungen zu Montpellier Lahire's Tafeln noch Fehler von 4 bis 5 Minuten ergaben.

Fünftes Kapitel.

Bedeckungen der Planeten und Fixsterne.

Es gibt noch andere Arten von Verfinsterungen, die ebenfalls erwähnt werden müssen, nämlich die Bedeckungen der Planeten und Fixsterne durch den Mond, die Bedeckungen der Planeten unter sich und der Fixsterne durch die Planeten.

Schon der Almagest enthält eine Aufzählung solcher von den

Chaldäern oder den ältesten griechischen Astronomen gemachten Beobachtungen, und ähnliche Beobachtungen finden sich in den chinesischen Annalen. Eine ins Einzelne gehende Beschäftigung mit diesen Phänomenen würde indeß hier überflüssig sein, da ihre Theorie bis auf einige leichte von der Geringfügigkeit der eigenen Bewegungen der Planeten im Verhältniß zu der des Mondes abhängige Modificationen, genau dieselbe ist, wie die der Sonnenfinsternisse.

Wenn zwei Gestirne sich einander sehr nähern, ohne sich jedoch zu bedecken, so sagte man sonst, es fände ein Antritt statt. Wie groß muß aber die Annäherung sein, damit ein Antritt entsteht? Das Gesichtsfeld eines Fernrohres ist veränderlich; man gab also keine strenge Definition des Antrittes, wenn man diejenige Annäherung zweier Gestirne für einen solchen erklärte, bei der man beide gleichzeitig in dem Gesichtsfelde eines Fernrohres erblicken konnte.

Die Sternbedeckungen durch den Mond müssen genau eben so wie die Sonnenfinsternisse berechnet werden, und die für den Mittelpunkt der Erde erhaltenen Resultate bedürfen dann noch einer Modification wegen der Wirkungen der Mondparallare, wenn man den Beobachter auf der Oberfläche der Erde annimmt.

Es ist augenfällig, daß, wenn der Mond für einen in Paris befindlichen Beobachter vor einen Stern tritt, ein anderswo aufgestellter Beobachter unsern Satelliten auf eine höhere oder tiefere Stelle des Himmels projicirt sehen wird. Dies ist der Grund, warum die in den astronomischen Ephemeriden auf verschiedene Städte bezüglichen Angaben bisweilen so beträchtlich von einander abweichen.

Zum Schlusse füge ich noch hinzu, daß man Eintritt den Augenblick nennt, wo der Rand des Mondes in den Rand der Sonne oder eines andern Gestirns, das verfinstert werden soll, einzugreifen beginnt, Austritt dagegen den Augenblick, wo die letzten Theile unseres Satelliten aufhören, sich auf das bisher verfinsterte Gestirn zu projiciren. Handelt es sich um eine Mondfinsterniß, so heißt Eintritt der Augenblick, wo die erleuchtete Scheibe des Mondes in den Schattenkegel einzutreten beginnt, und Austritt, wo die Scheibe diesen Kegel verläßt, um in den Halbschatten überzugehen.

Sechstes Kapitel.

Ueber den Nutzen der Finsternisse und Bedeckungen für die Chronologie.

Man wird durch das Vorhergehende die Einsicht gewonnen haben, daß die mittelst der astronomischen Tafeln berechneten Sonnenfinsternisse, ferner die Sternbedeckungen durch den Mond oder die Planeten, oder endlich die Verfinsterung eines Planeten durch einen andern uns näher stehenden, in der Chronologie dienen können, theils um das genaue Datum eines weit zurückliegenden, durch eines der genannten Phänomene ausgezeichneten Ereignisses festzustellen, theils um falsche Angaben eben dieses Ereignisses zu verbessern.

So erzählt Herodot, daß während einer Schlacht zwischen den Medern und Lydern eine totale Sonnenfinsterniß eintrat, welche beide Heere in solchen Schrecken versetzte, daß ein friedliches Abkommen zwischen diesen Völkern getroffen wurde. In welches Jahr fällt dies Ereigniß? Plinius und Cicero versetzen dasselbe übereinstimmend auf ein Datum, das 585 v. Chr. entspricht; dieses Datum wurde von Riccioli, Newton u. A. angenommen.

Scaliger, der die damaligen noch sehr mangelhaften Tafeln gebrauchen mußte, fand seinerseits durch Rechnung, daß diese Sonnenfinsterniß sich im Jahr 583 vor Chr. ereignete.

Auf mehr oder weniger unsichere Unterlagen gestützt, fand Usher das Jahr 601, Costard das Jahr 603 u. s. w.

Unter Zuziehung der neuesten und genauesten Sonnen- und Mondtafeln hat Baily in einer in den Philosophical Transactions von 1811 gedruckten Abhandlung nachgewiesen, daß die von Herodot erwähnte Sonnenfinsterniß weder vor 629 noch nach 525 eingetreten sein konnte. Das genaue Datum für eine in Kleinasien, wo die beiden Heere sich befanden, totale Sonnenfinsterniß ist der 30. September 610 vor Chr. Auf diese Weise ist durch eine astronomische Rechnung ein Zeitpunkt der alten Geschichte fest bestimmt worden, über welchen die Ansichten sehr weit aus einander gingen [1]).

In Aristoteles' Schrift de Coelo wird einer Bedeckung des Mars durch den Mond gedacht, deren Datum Keppler mit den unvollkommenen damaligen Tafeln auf den 4. April des J. 357 vor Chr. verlegte [2]).

Doch ich will diese Beispiele nicht vermehren, da die vorstehenden Zeilen nur den Zweck haben sollen, zu zeigen, welchen Nutzen die astronomischen Theorien für die genaue Bestimmung der in den Schriften der alten Geschichtschreiber erwähnten Begebenheiten gewähren können.

Siebentes Kapitel.

Bestimmung der Durchmesser der Sterne mittelst der Bedeckungen.

Schon zuvor im 5. Kapitel habe ich einige Worte über die Sternbedeckungen durch den Mond gesagt; ich will jetzt die Folgerungen anführen, die man aus solchen Beobachtungen behufs der Bestimmung der Durchmesser der hellsten Sterne gezogen hat. Wir haben früher (Bd. 11. S. 320) gesehen, welche große Unsicherheit noch Allem anhaftet, was sich auf diese wichtige kosmogonische Frage bezieht.

Infolge seiner eigenen Bewegung rückt der Mond in der Richtung von Westen nach Osten durch die Sternbilder mit der mittleren Geschwindigkeit von einer halben Bogensecunde in der Zeitsecunde vorwärts. Gesetzt es befinde sich ein ganz oder fast ganz unbewegliches Gestirn östlich vom Monde genau auf der Bahn, welche letzterer durchläuft. Will man dann die Zeit wissen, welche zwischen dem Augenblicke verfließt, wo der östliche Rand des Mondes den westlichen Rand des erwähnten Gestirns zu berühren scheint, und demjenigen, wo er an dem entgegengesetzten Rande anlangt; will man, anders ausgedrückt, die Zeit erfahren, welche das Gestirn gebraucht, um sich ganz hinter den dunkeln Körper des Mondes zu begeben: so wird es, wenn der Durchmesser des Gestirns keine Täuschung ist, hinreichen, so viel Zeitsecunden zu rechnen, als sich in diesem Durchmesser halbe Bogensecunden finden. Ich will annehmen, Jupiter besitze einen Durchmesser von 40 ganzen oder 80 halben Bogensecunden, so wird die Zeit, welche Jupiter zum gänzlichen Verschwinden gebraucht, 80 Zeitsecunden betragen; und ebensoviele wird er nöthig haben, um wieder ganz sichtbar zu werden, denn beim Hervortreten hinter dem dunkeln Mondkörper müssen die Erscheinungen genau dieselben sein, wie beim Eintreten der

Bedeckung, nur in umgekehrter Ordnung. Wenn Mars einen Durchmesser von 10 Bogensecunden besitzt, so braucht er 20 Secunden Zeit, sowohl um bedeckt, als um wieder völlig sichtbar zu werden u. s. w.

Gesetzt nun, ein im Thierkreise befindlicher Stern erster Größe habe in Wirklichkeit einen Durchmesser von zwei Secunden. Dieser Durchmesser mag durch Zufälligkeiten beim Sehen vergrößert, oder zerstreut und schlecht begrenzt erscheinen: der Mond wird nicht weniger als 4 Zeitsecunden gebrauchen, um ihn zu durchlaufen. Im Laufe dieser 4 Secunden wird der sichtbare Theil des Sternes stufenweise abnehmen. Eine Verminderung des sichtbaren Theils eines Gestirns muß aber unausbleiblich von einer Verringerung der Lichtstärke seines Bildes begleitet sein. Angekommen an dem Mondrande, wird also der glänzendste Stern, bevor er ganz verschwindet, in dem Zeitraume von 4 Secunden allmälich 2., 3., 4. u. s. w. Größe werden. Bei seinem Austritte wird er ein umgekehrtes Verhalten zeigen; kaum sichtbar in dem mathematischen Augenblicke des Austrittes, wird der Stern in seiner Helligkeit bald bis zur ersten Größe steigen.

Indeß Erscheinungen der eben beschriebenen Art werden in Wirklichkeit nicht beobachtet; ein Stern behält seinen ganzen Glanz bis zum Augenblicke seines Verschwindens selbst, und ebenso erscheint er plötzlich mit seiner vollen Lichtstärke wieder.

Wir waren also von einer falschen Annahme ausgegangen; trotz des entgegenstehenden Anscheins besitzen die Sterne keinen wirklichen Durchmesser von zwei Secunden.

Wenn wir bei unserm Raisonnement anstatt von zwei Secunden im Durchmesser von nur einer Secunde ausgegangen wären, so würden wir gefunden haben, daß dieselben Intensitätsänderungen in zwei Zeitsecunden hätten vorgehen müssen. Zwei Zeitsecunden sind aber ein Zeitintervall, während dessen das Auge ohne Zweifel Intensitätsänderungen, die stufenweise von erster bis zehnter Größe und umgekehrt gehen, wahrzunehmen im Stande wäre. Daher haben die im Thierkreise stehenden Sterne erster Größe in Wirklichkeit selbst nicht einen Durchmesser von einer Secunde.

Obwohl die soeben erläuterte Methode nur auf solche Sterne anwendbar ist, welche im Thierkreise stehen oder durch den Mond bedeckt

werden können; so ist sie mir doch hinreichend nützlich und scharfsinnig erschienen, um eine Forschung nach ihrem Urheber zu verdienen. Was ich von Aelterem in dieser Beziehung aufgefunden habe, ist Folgendes:

In dem Hefte der Philosophical Transactions vom Juli, August und September 1718, S. 853 finde ich: „daß der Stern Palilicium (Aldebaran) unter dem dunkeln Rande des Mondes um $9^h\ 58'\ 20''$ hervortrat, daß er seine ganze Helligkeit in einem Augenblicke wieder gewann, und daß ein derartiges Resultat zeigt, daß der Durchmesser dieses Sternes erster Größe fast Null war." Diese Bemerkung rührt, glaube ich, von Halley her.

Eine ähnliche Beobachtung findet man in dem Bande der Abhandlungen der pariser Akademie vom Jahre 1720.

Am 21. April dieses J. 1720 beobachtete Jakob Cassini den Eintritt der Bedeckung von γ Virginis durch den Rand des Mondes; es ist dies ein Doppelstern. In dem 17 füßigen nicht achromatischen Fernrohre, das Cassini gebrauchte, schien der dunkle Zwischenraum zwischen beiden Sternen allerhöchstens gleich dem Durchmesser eines jeden derselben. Der erste sowohl als auch der zweite Stern verschwanden plötzlich, d. h. in weniger als einer halben Secunde; der Zeitraum zwischen den beiden Augenblicken, wo der erste und dann der zweite verschwand, erreichte 30 Secunden. Sonach gebrauchte also der Rand des Mondes, der noch keine halbe Secunde nöthig zu haben schien, um bis zum entgegengesetzten Rande einer gewissen leuchtenden Scheibe vorzurücken, 30 Secunden, um einen dunkeln Raum von derselben scheinbaren Größe zu durchlaufen. Dieser Raum war also größer als er schien; die beiden Sterne verkleinerten nach Maaßgabe der Verbreiterung ihrer Durchmesser den wirklich zwischen ihnen liegenden Raum; diese Verbreiterung gab jedem Sterne einen wenigstens 30mal beträchtlichern Durchmesser als solcher in Wirklichkeit war. Da Cassini's Fernrohr nicht achromatisch war, so bemerke ich, daß hierdurch die Sterne beträchtlich vergrößert erscheinen mußten. Gegenwärtig würde die Beobachtung bei Weitem nicht das in Cassini's Abhandlung aufgezeichnete außerordentliche Resultat liefern.

Ein Umstand ist indessen vorhanden, der über die Beobachtung der Sternbedeckungen und der daraus abgeleiteten Folgerungen Bedenklich-

keiten bei den Astronomen hervorgerufen hat; es ist dies die Erscheinung des Bildes des Sterns auf der Mondscheibe selbst.

Man hat nämlich häufig bemerkt, daß ein Stern vor seinem Verschwinden sich auf die scheinbare Mondscheibe projicirt, und, seltsam genug, wurde diese Erscheinung, die oft von einem geschickten und mit sehr guten Instrumenten ausgestatteten Beobachter wahrgenommen ward, von einem unmittelbar neben dem ersteren befindlichen und mit Fernröhren von verhältnißmäßig geringerer Güte versehenen Beobachter nicht wahrgenommen.

Mit Erstaunen habe ich in einem vor Kurzem von einem der berühmtesten Astronomen eines benachbarten Landes herausgegebenen Werke gelesen, daß diese Erscheinung ihm von einer Brechung abzuhängen schiene, welche die vom Sterne ausgegangenen Lichtstrahlen beim Durchgange durch die Atmosphäre des Mondes erleiden sollten; während doch eine solche Brechung als nothwendig und unausbleibliche Folge die vom Sterne ausgesandten Lichtstrahlen von den Rändern der Scheibe unseres Planeten entfernen muß. Mairan, der auch schon an diese Ursache gedacht hatte, war dabei nicht in Irrthum gerathen; er hatte erkannt, daß die gewöhnliche Brechung die beobachteten Wirkungen nur dann erzeugen könnte, wenn man die Atmosphäre des Mondes weniger dicht annähme als den Aether, in welchem dieser Nebenplanet schwimmt; es würde die Erscheinung also möglicherweise durch eine negative Ablenkung der Strahlen entstehen.

Duséjour war geneigt, dieselbe einer Ungleichheit der Brechung der vom Sterne und der vom Monde kommenden Lichtstrahlen in der Erdatmosphäre zuzuschreiben. Nehmen wir einmal an, eine solche Ungleichheit sei vorhanden, und der Stern solle am oberen Rande des Mondes infolge einer Bewegung desselben in Declination verschwinden, so würden im Augenblicke der wirklichen Berührung des Sternes und des oberen Randes des Mondes die Lichtstrahlen sich vereinigen und so gemeinschaftlich zu unserem Auge gelangen; wenn nun aber diejenigen, welche von dem Mondrande ausgingen, in unserer Atmosphäre stärker gebrochen würden, als die Strahlen des Sternes, so würde scheinbar der Mondrand sich um eine jener Verschiedenheit in der Brechung gleiche Größe auf den Stern projiciren.

Dasselbe würde eintreten bei einer Bedeckung, welche an dem unteren Theile des Mondes stattfände, wenn man annähme, daß die Strahlen des Sterns die stärkere Brechung erlitten.

Wie würde aber diese Erklärung dienen können, um über die Erscheinung Rechenschaft zu geben, wenn sie sich an den Enden des horizontalen Durchmessers zeigt? Man kann dieselbe als völlig unhaltbar durch die Bemerkung erweisen, daß alle Lichtstrahlen, mögen sie von einem Leuchtkäfer, oder von faulendem Holze, oder von der Sonne ausgehen, in derselben Weise gebrochen werden müssen. Ich beschränke mich hier, denn dies wird genügen, auf die Anführung der nachstehenden Resultate, die aus Höhenbeobachtungen der Sterne mit einem und demselben Prisma am 18. August 1809 hergeleitet sind.

Sirius	24′	32″
α im Herkules	24	30
α im Ophiuchus ..	24	33
α in der Leier ..	24	38
Sonne	24	39

Da das Licht des Mondes nur reflectirtes Sonnenlicht ist, so muß es unbestritten in gleicher Weise, wie letzteres gebrochen werden.

Lahire suchte i. J. 1699 das Erscheinen der Sterne auf der Mondscheibe zu erklären, indem er annahm, die wirkliche Scheibe sei von überfließendem Lichte, oder wie man ehemals sagte, von einem Zerstreuungskreise umgeben, der ihren Durchmesser vergrößere, und durch den der Stern sich zeige, bevor er sich hinter dem dunkeln Theile des Mondkörpers verberge.

Diese Erklärung scheint mir allen Umständen, von welchen das Phänomen begleitet ist, Genüge zu leisten, vorausgesetzt, daß man annimmt, die parasitische Zone sei nicht eine Wirkung der Irradiation, sondern sie rühre daher, daß der Beobachter in dem Brennpunkte infolge einer nicht sehr genauen Einstellung des Oculars am Fernrohre das Gestirn etwas unbestimmt begränzt sieht. Wer an die Stelle der von Lahire gegebenen Erklärung eine andere zu setzen versucht, möge bedenken, daß die geheimnißvolle Erscheinung des Sternes sich einem Beobachter darbieten kann, während andere neben ihm befindliche Nichts davon wahrnehmen.

Achtes Kapitel.

Geschichtliches über die Finsternisse. — Berechnungen der Finsternisse bei den Alten. — Von der mit dem Namen Saros belegten Periode.

Sonnen- und Mondfinsternisse, Erscheinungen, die heutigen Tages fast auf der ganzen Erde die Neugierde und das Interesse der Bevölkerungen erregen, waren einst der Gegenstand der lebhaftesten Vorurtheile und der abergläubischsten Befürchtungen. Doch ich will in dieser Beziehung Fontenelle reden lassen:

„In ganz Ostindien herrscht der Glaube, daß bei einer Sonnen- und Mondfinsterniß ein böser Geist, der rabenschwarze Klauen besitzt, solche nach den beiden Gestirnen ausstreckt, um sich derselben zu bemächtigen, und man sieht während dieser Zeit die Flüsse mit Köpfen von Indern bedeckt, die bis an den Hals im Wasser stehen, weil nach ihrer Meinung diese Stellung sehr andächtig und geeignet ist, Sonne und Mond zu veranlassen, sich tapfer gegen den Drachen zu vertheidigen. In Amerika glaubte man, daß Sonne und Mond, wenn sie verfinstert werden, verdrießlich sind, und nahm die wunderlichsten Dinge vor, um sich wieder mit ihnen auszusöhnen. Haben nicht auch die so gebildeten Griechen lange Zeit geglaubt, daß der Mond bezaubert wäre, und daß die Magier ihn vom Himmel herabsteigen ließen, um auf die Gewächse einen gewissen verderbenbringenden Schaum zu werfen? Und wir selbst, hatten wir nicht eine arge Furcht im Jahre 1654 bei einer gewissen Sonnenfinsterniß, die in Wahrheit total war? Hielten sich nicht eine Unzahl von Leuten in Kellern eingeschlossen?" (Fontenelle, Entretiens sur la Pluralité des Mondes; zweiter Abend.)

Die Geschichtschreiber erwähnen einer totalen Sonnenfinsterniß, welche im Jahre 480 vor Chr. eintrat, und die beinahe eine Empörung im Heere des Xerxes hervorrief.

Eine andere Verfinsterung desselben Gestirnes, die sich 375 v. Chr. ereignete, verbreitete, wie man aus der Lebensbeschreibung des Pelopidas sieht, Schrecken bei den Thebanern.

Unter den Finsternissen, die nicht ohne Einfluß auf die politischen Begebenheiten ihrer Zeit waren, kann die totale Sonnenfinsterniß ge-

nannt werden, welche eintrat, als Perikles 431 v. Chr. nach dem Peloponnes abfuhr, sowie diejenige, welche mit dem Zuge des Agathokles gegen Karthago im Jahre 310 zusammenfiel.

Um diesen Erscheinungen ihr Blendwerk zu nehmen, war es nöthig, ihre Ursache mit Deutlichkeit nachzuweisen und das Verfahren zu ihrer Berechnung und Vorherverkündigung zu finden.

Nach Plutarch fingen die Athener zur Zeit des Nikias, 413 v. Chr., an, die Möglichkeit von Verfinsterungen der Sonne durch Zwischenstellung des Mondes zu begreifen; sie hatten aber nicht errathen, was die Verfinsterungen des Vollmondes veranlassen könnte.

Nach Diodor's von Sicilien Bericht waren in dieser Beziehung die Chaldäer weiter vorgeschritten als die Griechen; sie wußten, daß der Mond nur ein erborgtes Licht besitzt, und daß seine Verfinsterungen durch seinen Eintritt in den Schatten der Erde erzeugt werden.

Zuvor schon habe ich angedeutet, wie man mit Hülfe der Sonnen- und Mondtafeln im Voraus mit Genauigkeit bestimmen kann, wie viel Finsternisse und von welcher Beschaffenheit in einem bestimmten Jahre eintreten werden. Dies Hülfsmittel konnte aber von den Alten nicht angewandt werden, weil Sonnen- und Mondtafeln erst ein Erzeugniß der durch die Neuzeit vervollkommneten Astronomie sind. Indessen war es doch auch den alten Astronomen gelungen, durch Discussion einer langen Reihe von Beobachtungen die Finsternisse lange zuvor vorherzusagen. Folgendes ist eine kurze Andeutung der von ihnen benutzten Methode und der Principien, auf denen sie beruht.

Die Finsternisse können, wie wir im 3. Kapitel S. 437 gesehen haben, nur eintreten, wenn der Mond mit der Sonne in Conjunction oder Opposition steht. Zwei Conjunctionen oder zwei Oppositionen sind von einander durch ein Intervall von 29,53 Tagen, oder die Dauer eines Mondmonats, getrennt; nach einem Zeitraume, der ein Vielfaches von Mondmonaten d. h. von 29,53 Tagen ist, können also die Finsternisse sich wiederholen.

Soll eine Verfinsterung möglich sein, so darf die Breite des Mondes im Augenblicke der Opposition oder Conjunction eine gewisse schon früher (Kapitel 4. S. 437) namhaft gemachte Größe nicht übersteigen. Diese Breite zur Zeit der Conjunction oder Opposition hängt

aber von der Entfernung der Sonne von dem Knoten der Mondbahn ab.

Damit eine Finsterniß sich wiederhole, genügt es also nicht, daß zwischen dem ersten und zweiten Datum ein genaues Vielfaches von 29, 53 Tagen verflossen sei; es ist außerdem nöthig, daß die Sonne in dieselbe Stellung in Bezug auf die Knoten der Mondbahn zurückgekehrt sei. Nun gebraucht aber die Sonne, um zu demselben Knoten zurückzukehren, wegen der beträchtlichen Verschiebung jedes Knoten von Osten nach Westen (S. 295) 346,62 Tage; nach einem genauen Vielfachen von 346,62 Tagen wird also sich die Sonne wieder in Stellungen finden, wo ein erstes Mal Finsternisse eingetreten waren.

Sonach sind also zwei Bedingungen zu erfüllen, wenn die in einer gewissen Periode beobachteten Verfinsterungen sich wiederholen sollen: es muß das zwischen solchen zwei Zeitpunkten verflossene Intervall einerseits ein genaues Vielfaches von 29,53 Tagen, und andererseits ein nahes Vielfaches von 346,62 Tagen sein.

Durch die Rechnung findet man, daß 223mal 29,53 Tage 6585,19 Tage und 19mal 346,62 Tage 6585,78 Tage ergeben. Dividiren wir jetzt 6585,19 Tage d. h. die Dauer von 223 Mondmonaten, durch 365,2422 Tage, die Dauer des Sonnenjahres, so erhalten wir als Quotienten 18. Nach 18 Sonnenjahren also befindet sich die Sonne sowohl in der Opposition als in der Conjunction in derselben Entfernung von den Knoten der Mondbahn, in welcher sie zu Anfang der Periode stand; nach 18 Jahren müssen sich daher die Finsternisse in derselben Reihenfolge, an denselben Jahrestagen und in denselben Größenverhältnissen wiederholen. Es genügt folglich die Beobachtung der Finsternisse während einer Periode von 18 Jahren, um diejenigen, welche in einer zweiten, dritten, vierten Periode von gleicher Dauer eintreten werden, vorhersagen zu können. Dieses Verfahren wandten die Chaldäer zur Vorherverkündigung der Finsternisse an; indeß ist diese Periode von 18 Jahren, die sie Saros nannten, wegen der Störungen, welche der Mond in seinem Umlaufe um die Erde erleidet, nicht genau; die neueren Berechner bedienen sich indessen derselben, um im Voraus diejenigen Conjunctionen und Oppositionen zu finden, welche Verfinsterungen geben können, und auf die sie also

ihre Aufmerksamkeit weiter richten müssen, um die Einflüsse der Mondparallaxe und der Neigung der Bahn auf die Größe der Finsterniß zu bestimmen.

Neuntes Kapitel.

Von der Rolle der Erdatmosphäre bei den Mondsinsternissen.

Die Uebereinstimmung der Beobachtungen mit der auf den Saros gegründeten Rechnung würde nöthigenfalls die vollständige Richtigkeit der Ursache, der wir die Sonnen- und Mondfinsternisse zugeschrieben haben, darthun; wir wollen indeß noch in der Kürze einige Schwierigkeiten betrachten, die sich bei mehr als einer Gelegenheit dargeboten haben.

Die Dimensionen des Schattenkegels in dem Theile, welcher von der Bahn des Mondes durchschnitten wird, sind bisweilen beträchtlicher erschienen als sie die Rechnung ergeben hat, so daß der Anfang der Finsterniß vor dem angesetzten Zeitpunkte, ihr Ende dagegen nach demselben eintrat. So hatte Mayer gefunden, daß der wirkliche Halbmesser des Schattens den berechneten um $^1/_{60}$ übertrifft.

Bei der Mondfinsterniß von 1835 folgerten Mädler und Beer aus ihren Beobachtungen, daß der Halbmesser des Schattens den berechneten um $^1/_{28}$ übertraf[3]); aus der Finsterniß von 1837 erhielten sie eine Differenz der Halbmesser in gleichem Sinne von $^1/_{54}$.

Die Ursache dieser Unterschiede zwischen Theorie und Beobachtungen scheint leicht nachweisbar zu sein.

Wir haben die Dimensionen des Schattenkegels unter der Voraussetzung berechnet, daß die vom Rande der Sonne ausgehenden Lichtstrahlen Tangenten bildeten an dem festen und ganz undurchsichtigen Theile unseres Erdkörpers. Wer aber die ungemeine Schwächung bemerkt hat, welche die Sonnenstrahlen beim Durchgange durch die zwischen dem Aufgangspunkte der Sonne und dem Orte des Beobachters liegende Luftschicht erleiden, und außerdem erwägt, daß diese Strahlen über den Beobachter hinaus verlängert, eine der ersten gleiche Dicke

der Atmosphäre durchlaufen, — wird begreifen, daß unter gegebenen Umständen diese atmosphärischen Schichten in der Bildung des Schattenkegels die Rolle des festen oder ganz undurchsichtigen Theils unseres Erdkörpers spielen können, so daß also ihre Dicke zu dem Halbmesser des festen Theiles der Erde hinzugefügt werden muß. Man sieht auch, warum, da ausnahmsweise die Atmosphäre vollkommen durchsichtig sein kann, diese Vergrößerung von denen, welche es unternehmen, die näheren Umstände einer Mondfinsterniß im Voraus durch Rechnung auszumitteln, nicht hinzugefügt werden darf.

Zufolge der von mir gegebenen Theorie der Finsternisse müßte der Mond vollständig verschwinden, wenn er durch den inneren Theil des Schattenkegels hindurchgeht; indeß ist es Thatsache, daß selbst unter diesen Umständen das Gestirn fast niemals verschwindet.

Untersuchen wir, was die Ursache dieser schon von den Astronomen des Alterthums bemerkten Anomalie sein kann.

Wir hatten die Dimensionen des Schattenkegels unter der Annahme gefunden, daß die Sonnenstrahlen, welche die Oberfläche der Erde tangiren, sich über den Erdkörper hinaus gradlinig weiter bewegten; aber durch die Erdatmosphäre, deren Dichtigkeit mit der Höhe abnimmt, erleiden diese Strahlen eine Krümmung, eine Brechung, infolge deren sie in der Wirklichkeit früher zum Durchschnitte kommen, als ohne dies geschehen sein würde. Die Spitze des wirklichen Schattenkegels, den die Erde hinter sich wirft, muß also weniger entfernt von ihr liegen, als wir angenommen haben. Die durch die untern Schichten der Erdatmosphäre abgelenkten Sonnenstrahlen können den Mondkörper erreichen, entgegen dem, was die bloße geometrische Vorstellung, abgesehen von der physischen Ursache, die wir jetzt in Betracht gezogen haben, uns gegeben hat.

Die Strahlen, welche die untern Schichten der Atmosphäre durchdringen, färben sich stets roth, wie man aus der Beobachtung der Auf- und Untergänge der Sonne, des Mondes und anderer Gestirne erkennt. Wenn die zuvor aufgestellte Erklärung richtig ist, so muß der Mond, wenn er nicht ganz und gar verschwindet, ein rothes Licht zeigen; welches Resultat der Theorie mit den Beobachtungen vollkommen im Einklange ist. Es wird nun das secundäre oder abgelenkte Licht,

welches den Mond im Augenblicke einer totalen Finsterniß erreicht, um so lebhafter sein, je geringer die Brechung ist, welche die auf so ungewöhnlichem Wege zu ihm gelangenden Strahlen erlitten haben; es wird also dieses Licht in den Finsternissen zur Zeit des Apogäums eine größere Intensität haben, als in denen zur Zeit des Perigäums; was ebenfalls durch alle Berichte der Astronomen bestätigt wird.

Dessenungeachtet will ich nicht verhehlen, daß diese dem Anscheine nach ganz naturgemäße Erklärung von einigen mit Recht berühmten Beobachtern in Zweifel gezogen worden ist.

Nach W. Herschel's Berechnungen hätten die Sonnenstrahlen bei der Mondfinsterniß vom 22. October 1790, um auf den Mondkörper gelangen zu können, in der Erdatmosphäre eine Brechung von 54′ 6″ erleiden müssen, was er für nicht möglich hielt. Er zog es mit einigen alten Astronomen vor, anzunehmen, daß alle Planeten, den Mond mit einbegriffen, ein schwaches Licht aussenden. Wie hat aber der berühmte Astronom nicht bemerkt, daß nach dieser Hypothese der Mond niemals vollständig verschwinden kann? In der That aber erwähnen die astronomischen Jahrbücher mehrere Beobachtungen totaler Verfinsterungen des Mondes, in welchen derselbe vollständig unsichtbar war. So berichtet Hevel, daß man bei der Finsterniß vom 25. April 1642 keine Spur unseres Satelliten sah. Maraldi behauptet mehrere Male dasselbe Phänomen beobachtet zu haben. Ebenso verschwand nach dem Berichte Mädler's und Beer's der Mond bei der Verfinsterung am 10. Juni 1816 zu London und zu Dresden ganz vollständig.

Dieses totale Verschwinden ist mit der zuvor erörterten Hypothese leicht in Einklang zu bringen; es genügt die Annahme, daß Wolken diejenigen Regionen unserer Atmosphäre verhüllen, durch welche die Strahlen, die infolge der Brechung auf den Mond gelangen könnten, hindurchgehen müssen.

Wer könnte berechtigt sein, das Wort unmöglich zu gebrauchen, wenn es sich um Brechungen der Strahlen in der Atmosphäre der Polargegenden und bei Temperaturen unter 0° handelt, deren volle Werthe noch nicht genau bekannt sind? Bemerken wir überdies, daß das Seltsame, welches die fraglichen rothen Strahlen in ihrer Verrückung auf den Mondkörper darbieten, vielleicht von den Verrückungen heiterer

Stellen in der Erdatmosphäre, durch welche das Sonnenlicht hindurchgehen muß, um zum Monde zu gelangen, herrührt. Man würde sich nämlich stark irren, wenn man glaubte, daß der röthliche Schein, mit dem wir uns jetzt beschäftigen, gleichförmig über die Oberfläche des Gestirns verbreitet sei. Bei den Finsternissen im Jahre 1783 bemerkte Messier verschieden erhellte Theile auf der Scheibe des Mondes, welche langsam um seinen Mittelpunkt kreisten.

Uebrigens könnten die an diesem secundären Lichte wahrgenommenen Polarisationserscheinungen darauf hinweisen, daß ein Theil dieses Lichtes zum Monde gelangt, nachdem es in den höhern Regionen unserer Atmosphäre reflectirt, und dabei polarisirt worden ist. Ich gebe hier diese Bemerkung (ich habe nur Gelegenheit gehabt, sie ein einziges Mal zu machen), um die Beobachter zu veranlassen, mit Aufmerksamkeit ein Phänomen zu verfolgen, aus dem sich mehr als eine wichtige Folgerung wird herleiten lassen.

Zum Schluß will ich noch einige Worte hinzufügen über die bläuliche Färbung, welche bisweilen die an den Grenzen des Schattens gelegenen Theile des Mondes dargeboten haben, wie solches bei der Mondfinsterniß vom 28. December 1833 von Beer und Mädler wahrgenommen wurde. Diese Erscheinung findet ihre Erklärung in der allen Physikern wohlbekannte Thatsachen, daß jedes verhältnißmäßig schwache weiße Licht neben einem intensiv rothen durch den Contrast stark blau erscheint.

Da die Axe des Schattenkegels, in welchen der Mond eintritt, wenn er aufhört sichtbar zu sein, durch den Mittelpunkt der Sonne und der Erde gehen muß, so scheint es unmöglich zu sein, daß der verfinsterte Mond gleichzeitig mit der Sonne über dem Horizonte gesehen werden könne.

Cleomedes sagte schon, eine solche von ältern Schriftstellern vor ihm erwähnte Beobachtung wäre nur eine scherzweise erfundene Erzählung, um die Astronomen in Verlegenheit zu setzen.

Indeß ist es sicher, daß bei der am 16. Jun. 1666 in Toscana beobachteten Finsterniß der Mond verfinstert aufging, während die Sonne noch über dem Horizonte in Westen stand, worin zu liegen schien, daß die beiden Gestirne einander in Bezug auf den Mittelpunkt

der Erde nicht diametral gegenüberstanden. Man kann noch die auf dem Montmartre am 26. Mai 1668 von den Mitgliedern der pariser Akademie der Wissenschaften beobachtete Finsterniß hinzufügen, wo sich dieselben Umstände wiederholten.

Das Phänomen steht nur scheinbar mit der Theorie der Finsternisse im Widerspruch.

Die atmosphärische Refraction bewirkt, daß Sonne und Mond an Orten erscheinen, die sie in Wirklichkeit nicht einnehmen. Dieselbe verfrüht den Aufgang des Mondes und verspätigt den Untergang der Sonne.

Wiewohl in den angeführten zwei Fällen beide Gestirne unter dem Horizonte standen, gelangten dennoch die von den verschiedenen Punkten ihrer Scheibe ausgegangenen Lichtstrahlen, indem sie in der Atmosphäre eine krummlinige Bahn beschrieben, zum Auge des Beobachters.

Nimmt man den auf S. 153 in der Tafel gegebenen Werth für die atmosphärische Refraction im Horizonte, so erklärt sich die gleichzeitige Erscheinung der beiden Gestirne in den Jahren 1666 und 1668 bis in die kleinsten numerischen Details.

Von Anfang bis zu Ende einer Finsterniß scheint der Schatten auf der Mondscheibe Kreisform zu besitzen. Diese Bemerkung wurde schon von den ältesten Beobachtern gemacht.

Manilius, der gegen das Jahr 10 unserer Zeitrechnung lebte, betrachtet die Form des Erdschattens während der Mondfinsternisse als einen Beweis für die runde Gestalt der Erde; denn der Schatten muß stets mehr oder weniger dem undurchsichtigen Körper, der ihn wirft, gleichen, besonders wenn der leuchtende Körper, der ihn erhellt, geringe Dimensionen hat.

Der unter Augustus lebende Cleomedes hatte dieselbe Bemerkung gemacht.

Zehntes Kapitel.

Von der Dunkelheit während der totalen Sonnenfinsternisse.

Die Dunkelheit während der totalen Sonnenfinsternisse ist bei weitem nicht so vollständig, als man nach augenscheinlich mit Uebertreibung, wie sie die Furcht stets erzeugt, abgefaßten Berichten glauben sollte. Die Geschichtschreiber der Finsterniß von 1560 z. B. sind sicherlich über die Wahrheit hinausgegangen, wenn sie sagen, daß man nach dem Verschwinden der Sonne nicht zur Genüge sah, um den Fuß vorzusetzen, daß die Dunkelheit größer war als die der Nacht[4]).

Das beste Mittel zur Charakterisirung der Dunkelheit, welche während der frühern totalen Sonnenfinsternisse herrschte, ist unstreitig die Anführung der Anzahl und Größe der mit freiem Auge sichbar gewordenen Sterne.

Nach diesem Kriterium war die Finsterniß des Agathokles von 310 vor Chr. von einer ausnahmsweise großen Dunkelheit begleitet; denn die Berichte sagen, daß überall Sterne erschienen.

Bei einer totalen Sonnenfinsterniß, von welcher Plutarch erzählt, schien ihm zufolge der Tag so sehr in Nacht verwandelt, daß man nach allen Richtungen hin Sterne erblickte.

Während der im Jahre 1706 zu Montpellier zwischen 9 und 10 Uhr Morgens beobachteten totalen Finsterniß sehen Plantade und Clapiès mit bloßen Augen Venus, Mercur, Saturn, Aldebaran und andere Sterne, deren Namen in dem Berichte der Beobachter nicht aufgeführt sind.

Im 1715 gewahrte Halley mit bloßen Augen und beim zufälligen Hinblicken Venus, Mercur, Capella und Aldebaran. In einer besondern Richtung, wo die Atmosphäre weniger erhellt schien, erkannte er mit bloßen Augen 22 Sterne.

Louville erzählt, daß man bei derselben Finsterniß, die Morgens um 9 Uhr statt hatte, nicht hinlänglich sah, um zu lesen, wiewohl man die Zeilen der Schrift unterschied; er beobachtete, wie Halley in London, und erkannte einige Sterne zweiter Größe.

In der totalen, 1724 von Maraldi und Jakob Cassini zu Trianon beobachteten Finsterniß, die Morgens um 7 Uhr eintrat, waren Venus,

Mercur und einige wenige Fixsterne die einzigen mit bloßem Auge sichtbaren Gestirne.

Zur Zeit einer am 2. Mai 1733 zu Forsthem in Schweden sichtbaren Finsterniß erkannte man mit bloßen Augen Jupiter, Capella und die Sterne im großen Bären.

Während der totalen Sonnenfinsterniß von 1778 sah Ulloa, der sich gerade auf dem Meere befand, Sterne erster und zweiter Größe.

In der Finsterniß von 1806 nahm Ferrer nur zwei Planeten und eine kleine Zahl Sterne erster Größe wahr; nach seiner Schätzung war nach dem Verschwinden der Sonne in der Luft und auf der Erde noch mehr Helligkeit als der Vollmond verbreitet.

Am 30. November 1834 waren in Südcarolina während einer totalen Finsterniß nur vier Sterne erster Größe sichtbar.

Bei der Finsterniß, welche am 8. Juli 1842 zwischen 5 und 6 Uhr Morgens sich ereignete, erkannte man zu Perpignan mit bloßen Augen 4 bis 5 Sterne. Am Meeresufer sahen einige Personen 7, andere 10 Sterne.

Pinaud und Boisgiraud konnten zu Narbonne nur 4 bis 5 Sterne wahrnehmen.

Zu Montpellier stieg die Zahl der sichtbaren Sterne nicht über 5.

Zu Digne erkannte Dien an einer von Dünsten freien Stelle des Himmels Capella, β und ζ im Stier, und γ im Orion.

Piola konnte zu Lodi den Mars, die beiden Sterne in den Zwillingen, Aldebaran und Capella unterscheiden.

Majocchi sah zu Novara nur Mars, Capella und Aldebaran.

Galle bemerkte zur Zeit der Verfinsterung 1851 in Frauenburg Mercur, Venus und Capella; Brünnow sah nur Mercur und Venus; er suchte vergeblich Castor und Pollux zu erkennen.

In Danzig konnte man mit bloßen Augen Venus, Mercur, Jupiter, Procyon, Regulus und Spica in der Jungfrau unterscheiden. Ueber Castor und Pollux, die sich freilich in der Nähe der Sonne befanden, liegt kein Bericht vor.

Elftes Kapitel.

Färbung der Gegenstände auf der Erdoberfläche, wenn die von der Verfinsterung herrührende Dunkelheit einen gewissen Grad erreicht hat.

Einige Zeugen der totalen Finsterniß von 840 führen an, daß sich die Farbe der terrestrischen Objecte änderte.

Das Folgende ist die wörtliche Uebersetzung einer Stelle aus der Abhandlung, wo Plantade und Clapiès, ohne die 840 gemachte Bemerkung zu kennen, über die von ihnen am 12. Mai 1706 zu Montpellier beobachtete totale Finsterniß berichten. „Man wird bemerken, daß im Laufe der Zunahme oder Abnahme der Finsterniß die Gegenstände ihre Farbe ändern. Bei der Bedeckung bis zum achten Zoll (also als zwei Drittel des Sonnendurchmessers hinter dem Monde standen), sowohl vor als nach der totalen Verfinsterung, war sie gelborange. Als die Finsterniß bis auf etwas mehr als $11^1/_2$ Zoll vorgeschritten war (also nur der 25. Theil des Sonnendurchmessers noch sichtbar), schienen die Gegenstände roth ins Weingelbe (rouge tirant de l'eau vinée) fallend."

Ungeachtet der Deutlichkeit und Bestimmtheit dieser Stelle habe ich doch nachforschen zu müssen geglaubt, ob andere neuere Beobachter ebenfalls die von Clapiès und Plantade angegebene Farbenänderung bemerkt hätten. In Halley's Abhandlung über die totale Finsterniß von 1715 fand ich Folgendes.

„Als die Finsterniß auf zehn Zoll vorgerückt war (d. h. als der Mond $^{10}/_{12}$ des Sonnendurchmessers verdeckte), begann das Aussehen und die Farbe des Himmels sich zu ändern, das Azurblau wurde bleifarbig (livide) mit Purpurfarbe vermengt."

Bei der Finsterniß vom 28. Juli 1851 sah Airy zu Gothenburg die Atmosphäre im Zenith sich einige Zeit vor dem Anfange der totalen Verfinsterung purpurn färben; der größte Theil des Himmels war von Wolken bedeckt.

Man wird vielleicht nicht glauben, daß man um diese Erscheinung zu erklären, selbst bis zu der Annahme gegangen ist, daß der Rand und der Mittelpunkt der Sonne nicht dieselbe Farbe besäßen. Uebrigens halte ich es für möglich, von der Farbenänderung der Atmo-

sphäre und der terrestrischen Gegenstände Rechenschaft zu geben, ohne zu andern Principien als denen der Photometrie bei zweckmäßiger Anwendung meine Zuflucht zu nehmen. Folgendes ist nach meiner Ansicht der wahre Grund des von Plantade, Clapiès, Halley angegebenen und seitdem von allen Astronomen beobachteten Phänomens.

Ein sphärischer Körper hat die Eigenschaft, die auf seine Oberfläche fallenden und ihn ganz umfließenden Lichtstrahlen nach allen Richtungen zu zerstreuen und zu reflectiren, selbst wenn diese einfallenden Strahlen unter einander parallel sind. Jedes der sphärischen Molecüle, aus denen die Atmosphäre besteht, muß also ringsherum Licht verbreiten, ebenso von unten nach oben, als von oben nach unten, ebenso von Nord nach Süd, als von Süd nach Nord; und von Ost nach West wie von West nach Ost u. s. w. Jedes erleuchtete Molecül wird so ein Mittelpunkt nach allen Seiten hin strahlenden Lichtes, eine Art Sonne im Kleinen, die alle andern über dem Horizonte befindlichen Molecüle der Atmosphäre erleuchtet.

Steht dies fest, so ist klar, daß ein Beobachter von irgend einem Punkte der Atmosphäre, der in einer gewissen Winkelhöhe liegt, empfängt 1) das von der Sonne kommende Licht, welches die in der Gesichtslinie liegende Reihe von Molecülen dem Auge nach der ersten Reflexion zusenden kann, und 2) die Strahlen, die schließlich immer in der gegebenen Richtung durch dieselbe Reihe von Molecülen zurückgeworfen werden, aber erst aus allen Gegenden der Atmosphäre dahin gelangen, nachdem sie zuvor mehr oder weniger zahlreiche Reflexionen erlitten haben.

Sonach enthält das atmosphärische aus 40, 50, 60° u. s. w. Höhe kommende Licht, eben sogut wie das vom Zenith kommende atmosphärische Licht Sonnenstrahlen, die z. B. das erste Mal von am Horizonte gelegenen Molecülen reflectirt wurden.

Das nach mehrfachen Reflexionen von den Lufttheilchen reflectirte Licht ist im Vergleich zu dem von nur einer Reflexion herstammenden, von nur geringer Stärke; es ist indeß nicht ganz und gar zu vernachlässigen, wie es denn unter andern die Gesetze der atmosphärischen Polarisation merklich modificirt.

Stellen wir uns jetzt an einen Ort, wo eine Sonnenfinsterniß

einzutreten beginnt, und richten unsern Blick auf eine bestimmte Gegend der Atmosphäre, z. B. auf das Zenith.

Diese Gegend sendet uns 1) nach einer einzigen Reflexion die von der ganzen Oberfläche der Sonne kommenden leuchtenden Strahlen; 2) die Strahlen, welche ebenfalls ursprünglich aus derselben Oberfläche stammen, aber mehrere Reflexionen erlitten haben, und zwar die erste derselben an Molecülen, die in allen Gegenden des Himmels liegen können.

Die Finsterniß hat begonnen. Die Sonne erhellt dann die Zenithgegend der Atmosphäre nur noch mit einem Theile ihrer Oberfläche; wogegen sie andere Schichten mit ihrem vollen Lichte bestrahlt, besonders die, welche sich an dem Horizonte finden, welcher durch die sehr hoch auf der Verticale des Ortes gelegenen Molecüle geht, denn dieser Horizont ist sehr entfernt. Das vom Zenith kommende Licht, das von jenen Schichten nach mehrfachen Reflexionen herstammt, war ursprünglich nur ein sehr kleiner Bruchtheil des gesammten Lichtes; die Verdunkelung eines Theiles der Sonne hat aber nothwendig seine relative Bedeutung erhöht. In dem Maaße, als der sichtbare Theil der Sonne an dem Beobachtungsorte sich vermindert, wird diese Bedeutung immer größer. Es kommt zuletzt ein Zeitpunkt, wo dies secundäre von vielen Reflexionen herrührende Licht, weil seine Intensität nicht geändert wird, in sofern als es von gewissen Punkten kommt, für welche die Finsterniß noch nicht begonnen hat, und im Allgemeinen weniger geschwächt ist, als das directe Licht, so zu sagen das Hauptlicht wird, und den Charakter des Phänomens bestimmt. Dann ändert die Atmosphäre im Zenith merklich die Farbe; denn ein Jeder hat bemerkt, wie die von nahe am Horizonte gelegenen Gegenden kommenden Strahlen stets in der Farbe von denen verschieden sind, welche die höher gelegenen Luftschichten reflectiren.

Ich will diese Betrachtungen nicht weiter ausdehnen; obwohl sie sehr schwierig sind, hoffe ich doch, daß man ihre Anführung hier entschuldigen wird; denn es scheint mir nützlich, zu zeigen, daß die Farbenveränderungen der Atmosphäre während großer Finsternisse nichts Geheimnißvolles haben, und daß es möglich ist, sie aus den Gesetzen der Optik herzuleiten, ohne zu der Annahme gezwungen zu sein, daß die Sonne nicht in allen Theilen ihrer Scheibe dieselben Farben besitze.

Zwölftes Kapitel.

Einfluß des plötzlichen Ueberganges von Tag in Nacht auf Menschen und Thiere.

Riccioli erzählt, daß man im Augenblicke der totalen Sonnenfinsterniß von 1415 in Böhmen Vögel vor Schreck zur Erde fallen sah. Ein Gleiches wird über die Sonnenfinsterniß von 1560 berichtet, „die Vögel fielen wunderbarerweise (so sagen die Augenzeugen) von Schreck ergriffen zur Erde.“

Im Jahre 1706, erzählen die Beobachter, „flatterten die Fledermäuse wie beim Eintritt der Nacht. Die Hühner und Tauben begaben sich eiligst in ihre Schläge. Die kleinen Vögel, welche in den Käfigen ihr Lied ertönen ließen, verstummten und steckten die Köpfe unter die Flügel; die mit der Bestellung des Feldes beschäftigten Thiere blieben stehen.“

Der bei den Saumthieren durch den plötzlichen Uebergang vom Tage zur Nacht hervorgerufene Schreck wird auch durch einen Bericht Louville's über die Finsterniß von 1715 bestätigt. „Die Pferde,“ heißt es darin, „welche pflügten, oder auf den Landstraßen gingen, legten sich nieder; sie wollten nicht weiter gehen.“

Fontenelle erwähnt, daß im Jahre 1654 auf die bloße Ankündigung einer totalen Sonnenfinsterniß viele Einwohner von Paris sich in den Kellern versteckten. Dank dem Fortschritte der Wissenschaften, hat die totale Finsterniß von 1842 das Publikum in sehr verschiedener Stimmung von der im Jahre 1654 gefunden; eine lebhafte und gerechtfertigte Neugierde war an die Stelle der kindischen Befürchtungen getreten.

Die Bevölkerungen der armseligsten Dörfer in den Pyrenäen und den Alpen erstiegen truppweise hochgelegene Punkte, wo die Erscheinung am besten wahrzunehmen war; bis auf einige wenige Ausnahmen zweifelten sie nicht daran, daß die Finsterniß genau berechnet sei; sie zählten sie zu den naturgemäßen, regelmäßigen, berechenbaren Erscheinungen, über welche man sich, wie der einfache gesunde Verstand lehrt, nicht zu beunruhigen hat.

In Perpignan waren die schwer kranken Personen allein in den Stuben zurückgeblieben; die ganze Bevölkerung bedeckte vom frühesten Morgen an die Terrassen und Wälle der Stadt, und die außerhalb gelegenen Anhöhen, von denen man hoffen durfte die Sonne aufgehen zu sehen. Auf der Citadelle hatten wir außer den zahlreichen Gruppen von Bürgern, die auf den Brustwehren standen, auch die Soldaten vor Augen, über die in einem weiten Hofe Musterung gehalten werden sollte.

Die Stunde des Anfangs der Finsterniß nahte. Gegen zwanzig tausend Menschen betrachteten durch angerußte in der Hand gehaltene Gläser das strahlende Gestirn, das auf azurblauem Grunde erschien. Kaum hatten wir mit unsern starken Fernröhren begonnen, den kleinen Ausschnitt am westlichen Rande der Sonne wahrzunehmen, als ein ungeheures Geschrei, ein Gemisch aus zwanzigtausend verschiedenen Rufen, uns kund gab, daß wir nur um wenige Secunden den Beobachtungen vorausgewesen waren, welche zwanzigtausend improsivirte Astronomen, deren erster Versuch dies war, mit bloßen Augen angestellt hatten. Starke Neugierde, Wetteifer, und der lebhafte Wunsch, sich von Andern nicht zuvorkommen zu lassen, schienen das Vorrecht gehabt zu haben, dem natürlichen Sehen eine ungewöhnliche Schärfe und durchdringende Kraft zu geben.

Von diesem Augenblicke bis zu denjenigen, welche dem völligen Verschwinden ganz kurz vorhergingen, bemerkten wir in der Haltung so vieler Zuschauer Nichts, was einer Erwähnung verdiente. Als aber die Sonne, auf einen schmalen Streifen reducirt, auf unsern Horizont nur ein sehr geschwächtes Licht zu werfen begann, bemächtigte sich Jedermann eine gewisse Unruhe; ein Jeder empfand das Bedürfniß, seine Empfindungen den Umstehenden mitzutheilen; was ein dumpfes Brausen, ähnlich dem des fernen Meeres nach einem Sturme, erzeugte. Das dumpfe Geräusch wurde immer stärker und stärker, je schmäler die Sonnensichel erschien. Endlich verschwand sie; Dunkelheit folgte der Hellniß, und ein gänzliches Schweigen bezeichnete diese Phase der Finsterniß eben so scharf, wie es das Pendel unserer astronomischen Uhr gethan hatte. Die Erscheinung hatte durch ihre Großartigkeit den Muthwillen der Jugend, die Leichtfertigkeit, welche gewisse Leute

für ein Zeichen von Ueberlegenheit halten, und jene lärmende Gleichgültigkeit, welche die Soldaten gewöhnlich äußern, überwunden. Auch in der Luft herrschte eine tiefe Stille; die Vögel hätten aufgehört zu singen."

Nach einer feierlichen Erwartung von ungefähr zwei Minuten begrüßten einstimmige und unwillkürliche Ausbrüche der Freude und tosendes Beifallklatschen das Wiedererscheinen der ersten Sonnenstrahlen. Der melancholischen, durch unbestimmbare Gefühle hervorgerufenen Stimmung folgte eine lebhafte aufrichtige Freude, deren Ausbrüche zurückzuhalten oder zu mäßigen Niemand in den Sinn kam. Für die Mehrzahl des Publikums war jetzt die Erscheinung zu Ende; die übrigen Phasen der Finsterniß hatten außer den eigentlichen Astronomen fast keine aufmerksamen Zuschauer mehr.

Sogar diejenigen, welche im Augenblicke des plötzlichen Verschwindens der Sonne am lebhaftesten erregt waren, ergötzten sich am folgenden Tage (und wie mir schien über Gebühr) an der Erzählung des Schreckens, welcher viele Landleute, die übrigens daraus gar keinen Hehl machten, ergriffen hatte. Ich meinestheils fand es ganz natürlich, daß ungebildete Leute, die Niemand benachrichtigt hatte, daß am Morgen des 8. Juli eine Sonnenfinsterniß eintreten würde, eine große Unruhe gezeigt hatten, als sie so plötzlich Finsterniß auf Tageshelle folgen sahen. Sicherlich war es nicht die Vorstellung von einer Convulsion der Natur, oder der Gedanke, daß der Augenblick des Untergangs der Welt gekommen, was diese uncultivirten und schlichten Menschen bestürzt machte. Als ich sie nach der wahren Ursache der Bestürzung, die sich ihrer am 8. Juli bemächtigt hatte, fragte, antworteten sie sogleich: „Der Himmel war heiter, und doch verminderte sich die Helligkeit des Tages, die Gegenstände verdüsterten sich, und plötzlich befanden wir uns im Dunkeln: wir glaubten erblindet zu sein."

Das Journal des Basses-Alpes erzählt in der Nummer vom 9. Juli 1842 eine Anekdote, welche mir der Aufbewahrung werth scheint. Die Zeitung berichtet:

„Ein armer Knabe der Commune des Sièyes hütete seine Heerde. Völlig unbekannt mit dem bevorstehenden Ereignisse, sah er mit Unruhe die Sonne allmälich sich verdunkeln, denn keine Wolken, kein Dunst

gab eine Erklärung dieser Erscheinung. Als das Licht plötzlich verschwand, begann der arme Knabe im allergrößten Schrecken zu weinen und Hülfe zu rufen. Seine Thränen rollten noch, als die Sonne ihren ersten Strahl wieder spendete. Beruhigt durch diesen Anblick faltete er die Hände und rief: O beou souleou! (o schöne Sonne!)"

In alten astronomischen Werken und selbst in medicinischen Schriften von ziemlich neuem Datum findet man die Angabe, daß die Mehrzahl der Kranken zur Zeit der Finsternisse in Krisen verfielen. Dieselbe wird aber durch die in Mailand und Wien von den Aerzten am 8. Juli 1842 gemachten Beobachtungen als ganz und gar unhaltbar erwiesen; der Zustand der Kranken erlitt keine Veränderung, die man den Phasen der Finsterniß hätte zuschreiben können. Es gilt diese Bemerkung, wie ich hinzufügen muß, selbst von solchen Kranken, deren Leiden sich gewöhnlich beim Beginne der Nacht steigert.

Ich gehe jetzt zu dem Verhalten der Thiere über.

Ich will zuerst eines Falles gedenken, der viel besser als alle zufällig gemachten Beobachtungen zeigt, bis zu welchem Grade Finsternisse die Thiere in Schrecken setzen können.

Ein Einwohner von Perpignan ließ absichtlich seinen Hund vom Abend des 7. Juli an hungern. Am folgenden Morgen, im Augenblick, wo die totale Verfinsterung eintreten sollte, warf er dem armen Thiere ein Stück Brod hin; der Hund begann dasselbe zu verschlingen, bis die letzten Strahlen der Sonne verschwanden. Sogleich ließ der Hund das Brod fallen, nahm es erst nach zwei Minuten, nach dem Ende der totalen Verfinsterung wieder, und verzehrte es dann mit großer Gier.

Ein anderer Hund flüchtete sich im Augenblicke, wo die Sonne verschwand, zwischen die Füße seines Herrn.

Vier bis fünf Seiten würden nicht ausreichen, wenn ich hier Alles wiederholen wollte, was mir über Pferde, Ochsen und Esel erzählt worden ist, welche an Pflüge oder Karren angespannt oder Lasten tragend ganz plötzlich stehen blieben, als die totale Verfinsterung eintrat, sich niederlegten und hartnäckig der Peitsche oder dem Stachel widerstanden. Dagegen beachteten die Postpferde, die zur Zeit der Finsterniß auf den Landstraßen trabten, die Erscheinung ebensowenig als die Locomotiven der Eisenbahn. An dieser interessanten Thatsache

kann ich nicht zweifeln, denn mein Landsmann Fabre, Chef einer Unternehmung von öffentlichen Fuhren, hatte den Conducteuren anempfohlen, aufmerksam auf den Gang der Gespanne in dem Augenblicke zu achten, wo die totale Verfinsterung eintreten würde.

Auf einem Gute, dessen Namen ich mich nicht mehr erinnere, verließen im Augenblicke der totalen Verfinsterung die Hühner plötzlich die ihnen hingestreute Hirse und flüchteten sich in einen Stall.

Zu Mas de l'Asparrou sammelten sich die fern von jeder Wohnung befindlichen Hühner unter dem Bauche eines Pferdes.

Eine von ihren Küchlein umringte Henne beeilte sich, dieselben herbeizulocken und mit ihren Flügeln zu bedecken.

Enten, die auf einer Lache schwammen, schlugen im Augenblicke des Verschwindens der Sonne ihren Weg nicht nach der ziemlich entfernten Meierei, aus der sie zwei Stunden zuvor fortgegangen waren, ein, sondern stellten sich in Haufen zusammen und duckten sich in einen Winkel.

Zu la Tour, Bezirkshauptort im Departement der Ost-Pyrenäen, besaß ein Einwohner drei Hänflinge. Am 8. Juli früh Morgens sah er, als er den Käfig, welcher die drei kleinen Vögel enthielt, vor das Fenster seines Zimmers hing, daß dieselben sich sehr wohl zu befinden schienen; nach der Finsterniß war einer derselben todt. Darf man glauben, daß der Hänfling seinen Tod fand, indem er vor Schreck heftig gegen die Stäbe des Vogelbauers stieß? Einige anderwärts gemachte Beobachtungen lassen diese Annahme nicht unwahrscheinlich erscheinen.

Selbst Insekten entgingen nicht den Eindrücken, welche die Finsterniß auf Säugethiere und Vögel ausübte. Ich will hier einen kurzen Bericht beifügen, den mir Herr Fraisse der Aeltere aus Perpignan zugestellt hat:

„Ich hatte mich vor einem kleinen, von Ameisen gezogenen Pfade, auf den ich zufällig stieß, niedergesetzt. Die Thierchen arbeiteten mit ihrer gewohnten Lebhaftigkeit; indeß verlangsamte sich ihr Schritt in dem Maaße, als die Tageshelle abnahm; sie schienen unschlüssig zu werden. Im Augenblicke, wo die Sonne ganz und gar verschwand, bemerkte ich trotz des schwachen Lichtes, das uns noch erhellte, daß die Ameisen

still standen, jedoch ohne die Lasten, welche sie mit sich schleppten, zu verlassen. Ihre Unbeweglichkeit hörte auf, sobald die Beleuchtung wieder eine gewisse Stärke gewonnen hatte, und bald setzten sie sich wieder in Marsch."

„Zu Montpellier sah man, nach der Aussage des Abbé Peytal, Pferde, welche auf der Tenne zum Dreschen des Getreides gingen, sich niederlegen; auf der Weide zerstreute Schafe sammelten sich eiligst, wie bei einer Gefahr; die Küchlein sammelten sich unter den Flügeln der Henne; eine durch die Dunkelheit im Fluge überraschte Taube stieß gegen eine Mauer, fiel ganz betäubt nieder und erhob sich erst beim Wiedererscheinen der Sonne."

Lenthéric, Professor zu Montpellier, hat gleichfalls einige Details in Betreff der Wirkungen, welche die totale Sonnenfinsterniß auf die verschiedenen Thiergattungen ausübt, mitgetheilt. Fledermäuse, glaubend die Nacht breche herein, verließen ihre Zufluchtsorte; ein Uhu kam aus einem Thurme der St. Petrikirche und flog über den Platz des Peyrou; die Schwalben verschwanden. Die Hühner gingen in ihre Schläge; Ochsen, welche frei in der Nähe der Magelonenkirche weideten, stellten sich in einen Kreis rücklings an einander, die Hörner nach außen, als wenn sie einen Angriff abwehren wollten.

Zeuge dieses letzten Vorgangs war Laurent, Secretair und Rechnungsbeamter der medicinischen Facultät von Montpellier.

Der Doctor Arvedi an der Thierarzeneischule zu Mailand, und der Doctor Angelo Cavana von Codogno versichern, daß die Finsterniß weder auf die Pferde noch auf das Rindvieh einen Einfluß äußerte.

Professor Balsamo von Mailand erwähnt, daß zwei Hunde, die er aufmerksam beobachtete, während der ganzen Dauer des Phänomens völlig unberührt davon blieben.

Piola sah dagegen in der Nähe von Lodi einen Jagdhund, der sich sehr unruhig zeigte und heulte. Zu Verona machte man dieselbe Beobachtung.

Was hat man nun aus Balsamo's Bemerkung, verglichen mit den zu Perpignan, Lodi und Verona beobachteten Thatsachen, zu

schließen? Ich meine nur dies: bezüglich des Verstandes oder der vom Instinct herrührenden Fähigkeiten gibt es unter Thieren derselben Art nicht geringere Unterschiede als unter den Menschen.

Beobachter in Cremona erzählen, daß eine ungeheure Menge Vögel zur Erde fiel. Zamboni, der Erfinder der trockenen Säulen, wird als einer genannt, der neben sich habe einen Sperling zur Erde fallen sehen.

Viola, der unter einem Baume in der Nähe von Lodi stand, bemerkte, daß die Vögel aufhörten zu singen, als es dunkel wurde; aber keiner fiel nieder.

In einem Berichte, mit dessen Zusendung der Abbé Zantedeschi mich beehrt hat, finde ich, daß beim Eintritte der totalen Verfinsterung „Vögel, indem sie entfliehen wollten und nicht sehen konnten, gegen die Schornsteine der Häuser oder gegen die Mauern stießen, und betäubt vom Stoße auf die Dächer, in die Straßen und Lagunen fielen. Unter den Vögeln, denen solche Unfälle begegneten, kann man Schwalben und eine Taube nennen. Schwalben wurden in den Straßen gefangen, weil der Schrecken, der sie ergriffen, ihnen kaum die Fähigkeit zu flattern (svolazzare) gelassen hatte."

In einer Brochure von Majocchi wird erzählt, daß die Bienen, die beim Aufgange der Sonne ihren Stock in großer Anzahl verlassen hatten, dahin sogar vor dem Eintritte der totalen Verfinsterung zurückkehrten und mit dem neuen Ausfluge warteten, bis die verfinsterte Sonne ihren vollen Glanz wieder gewonnen hatte.

Kutczycki erwähnt über die Wirkungen der totalen Verfinsterung von 1850 auf die Bewohner der Sandwichsinseln Folgendes:

„Einige Personen, welche beim Annähern der totalen Verfinsterung um mich herum standen, beobachteten ein feierliches Schweigen, und sogar die Indianer, welche den großen Saal der Mission zu Honolulu erfüllten, schwiegen trotz ihrer sonst gewohnten Geschwätzigkeit vollständig. Das Schweigen dauerte während der ganzen Zeit der totalen Verfinsterung; aber beim Ende derselben, im Augenblicke des Wiedererscheinens der Sonne, erschallte in Honolulu und dem umliegenden Felde, ja ich kann sagen auf der ganzen Insel, einstimmig ein ungeheures Zujauchzen. Kein Fall von abergläubischer Furcht

unter den Eingebornen ist zu meiner Kunde gekommen; dieselben zeigten im Allgemeinen eine große Neugierde; nach der Finsterniß waren die Straßen von Honolulu im wörtlichen Sinne mit angerußten Glasscherben besäet. Es gab aber auch einige Fälle gänzlicher Gleichgültigkeit: man sah mehrere fliegende Drachen, mit denen die Knaben sich fast ununterbrochen vergnügten, ruhig fliegen und sich in weißer Farbe auf den während der totalen Finsterniß verdüsterten Himmel projiciren u. s. w.

„Was die von ältern Beobachtern über den Eindruck auf Thiere gemachten Bemerkungen betrifft, so finden sich dieselben fast vollständig bestätigt. Die Hühner gingen zuerst zur Ruh, begaben sich jedoch nicht auf ihre Stangen, sondern hockten sich nieder, wo sie sich befanden. Von den wenigen auf Honolulu lebenden Haustauben sah man während der Finsterniß nicht eine einzige. Die Hunde, traurig und zitternd, gehorchten dem Rufe ihres Herrn nicht. Die Heerden standen unbeweglich, und weideten während der Finsterniß nicht. Die Ameisen aber, von denen ein Haufen neben mir arbeitete, fuhren eifrig in ihrem Werke fort.“

Diese letzte Beobachtung würde mit der früher angeführten und zu Perpignan von Fraisse gemachten in Widerspruch stehen. Ich muß aber bemerken, daß die Ameisen, von denen Kutczycki redet, die Gewohnheit haben, des Nachts zu arbeiten.

Dreizehntes Kapitel.

Ueber die leuchtende Corona, womit der Mond während einer totalen Sonnenfinsterniß umgeben ist.

Fast alle astronomischen Beobachter Englands begaben sich auf Veranlassung der totalen Finsterniß von 1851 nach Schweden und Norwegen. Man muß aber offen gestehen, daß trotz der Geschicklichkeit, welche sie bewiesen haben, dennoch die Fragen über die leuchtende Corona und die rothen Protuberanzen fast auf demselben Punkte geblieben sind, auf dem sie sich unmittelbar nach der Finsterniß von 1842

befanden. Was ist z. B. der Ursprung der leuchtenden Corona? Ist sie ein wirkliches Object, ist sie die Atmosphäre der Sonne, oder muß man sie vielmehr, wie Manche geglaubt haben, den Diffractionswirkungen zuschreiben, welche die Sonnenstrahlen in der Nachbarschaft des Mondes oder eines ähnlichen Gegenstandes erleiden könnten? Damit ein Jeder selbst von seinem Standpunkte aus die Beobachtungen der Corona erörtern und über meine Beurtheilungen Richter sein könne, werde ich hier alles Wesentliche, was diese Beobachtungen von Anfang an dargeboten haben, zusammenstellen.

Es gibt keinen neueren, auch nur etwas ausführlichen Bericht über eine totale Sonnenfinsterniß, in welchem nicht eines leuchtenden Kranzes (Corona) gedacht würde, mit welchem der Mond während des gänzlichen Verschwindens der Sonne umgeben scheint, und der zur Verminderung der Dunkelheit beiträgt. Indeß findet sich die erste, wirklich wissenschaftliche Beschreibung dieser Corona in der Abhandlung von Plantade und Clapiès von Montpellier, welche auf Veranlassung der Finsterniß von 1706 erschien:

„Sobald die Sonne", sagen diese beiden Beobachter, „ganz verfinstert war, sah man den Mond von einem blendend weißen Lichte umgeben, das um die Scheibe dieses Satelliten eine Art Kranz von ungefähr drei Minuten Breite bildete. Innerhalb dieser Grenzen besaß dieses Licht eine gleiche Lebhaftigkeit, die dann in einen schwachen Schein übergehend um den Mond eine kreisförmige Fläche von ungefähr 4° im Radius bildete, und sich allmälich in die Dunkelheit des Firmamentes verlor."

Nachstehendes ist die wörtliche Uebertragung des Berichtes, den Halley nach der Finsterniß von 1715 in Betreff der Corona veröffentlichte:

„Einige Secunden vor der totalen Verfinsterung der Sonne bemerkte man um den Mond einen leuchtenden Ring von einer Breite, welche dem zwölften oder vielleicht selbst zehnten Theile des Durchmessers dieses letzteren Gestirns gleichkam. Seine Farbe war ein blasses Weiß, oder wenn man will, ein Perlweiß. Er schien mir schwach mit den Farben des Regenbogens gefärbt. Sein Mittelpunkt schien mir mit dem des Mondes zusammenzufallen, woraus ich den

Schluß zog, daß der Ring die Mondatmosphäre wäre. Indeß da die Höhe dieser Atmosphäre bedeutend höher als die der Erdatmosphäre sein würde; da ferner Beobachter gefunden haben, daß die Breite des Ringes auf der Westseite des Mondes in dem Maaße zunahm, als der Austritt herannahte: so gebe ich mein Resultat mit geringerer Zuversicht; ich muß sogar bekennen, daß ich diesem Gegenstande nicht ganz die nöthige Aufmerksamkeit zuwandte."

Während derselben totalen Verfinsterung von 1715 sah Louville, Mitglied der pariser Akademie der Wissenschaften, der sich nach London begeben hatte, ebenfalls die leuchtende Corona; sie erschien ihm silberweiß. Das Licht war lebhafter gegen den Rand des Mondes, und nahm allmälich an Intensität bis zu ihrem äußeren Umfange ab. Dieser Umfang, obwohl sehr schwach, trat aber hinlänglich deutlich hervor. In der Richtung der Strahlen schien die Corona nicht überall gleich leuchtend; man bemerkte darin Unterbrechungen*), wodurch sie einige Aehnlichkeit mit den Glorien erhielt, mit welchen die Maler den Kopf der Heiligen umgeben.

Louville glaubte zu erkennen, daß die leuchtende Corona mit dem Monde genau denselben Mittelpunkt habe. Wäre sie, sagt der gelehrte Akademiker, concentrisch mit der Sonne, so hätte beim Eintritte der totalen Verfinsterung der Mond die westliche Hälfte, und beim Ende derselben die östliche bedeckt. Louville glaubte, derartige Aenderungen würden ihm nicht entgangen sein.

Wir wollen nicht vergessen anzuführen, daß Louville gegen Ende der totalen Verfinsterung von 1715 um den Rand des Mondes, während er noch vor der Sonne erschien, einen Kreis von sehr lebhaftem Roth sah. Der gelehrte Akademiker versicherte sich nach seiner Angabe, daß diese Farbe noch fortbestand, wenn der Kreis im Centrum des Fernrohrs selbst sein Bild erzeugte, so daß man hiernach denselben nicht dem Mangel an Achromatismus zuschreiben konnte.

Im Jahre 1724 fand Maraldi, daß die leuchtende Corona nicht mit dem Monde concentrisch war. Beim Anfange der Verfinsterung

*) Will Louville dunkle Strahlen oder nur eine Schwächung des Lichtes verstanden wissen? Nach seiner unvollständigen Beschreibung ist eine Entscheidung darüber unmöglich.

erschien sie im Osten breiter als im Westen; gegen Ende derselben zeigte sie sich dagegen im Westen größer als im Osten. Maraldi bemerkte noch, daß die Breite am nördlichen Rande die Breite am gegenüberstehenden südlichen übertraf.

Um nach 1724 etwas Brauchbares über die leuchtende Corona zu finden, müssen wir einen Zeitraum von 54 Jahren überspringen. 1778 berichtet uns Don Antonio de Ulloa, daß bei der Finsterniß vom 24. Juni die Corona eine Breite gleich dem sechsten Theile des Monddurchmessers besaß; daß ihr innerer Umfang röthlich war, daß etwas weiter hin blasses Gelb erschien, und dann dies Gelb allmälich sich bis zum äußeren Rande abschwächte, wo die Farbe vollständig weiß erschien.

Die Corona von 1778, sagt der spanische Admiral, war fast in ihrer ganzen Breite gleich leuchtend. Sie zeigte sich 5 oder 6 Secunden nach der vollständigen Bedeckung der Sonne; sie verschwand 4 oder 5 Secunden früher, als der Rand dieses Gestirns hinter der dunkeln Mondscheibe hervortrat. Von der Mondcorona gingen hie und da leuchtende Strahlen aus, die bald mehr bald weniger bis in Entfernungen, welche dem Winkeldurchmesser unseres Gestirns gleichkamen, sichtbar waren. Das Ganze „schien eine schnelle Kreisbewegung zu besitzen, wie die eines künstlichen Feuerwerks, das um sein Centrum rotirt?" Der Ausgangspunkt der leuchtenden Strahlen ist für eine deutliche Beschreibung der Mondcorona in zu unbestimmter Weise angegeben. Wollte Don Antonio de Ulloa sagen, daß die Strahlen vom äußeren Rande der Corona ausgingen? Diese Frage ist wichtig; die Abbildung dieser Finsterniß (Fig. 301. S. 480) gibt vielleicht kein genügendes Mittel zu ihrer Entscheidung.

Die totale Sonnenfinsterniß von 1806 wurde in Amerika von Bowditch und Ferrer beobachtet. In seiner Abhandlung sagt Bowditch nur, daß der Mond sich von einem sehr ausgedehnten Lichtringe umgeben zeigte. Ferrer spricht sich bestimmt und klar aus. Der Ring schien ihm denselben Mittelpunkt zu haben, wie die Sonne; seine Breite stieg auf 6 Minuten; seine Färbung war perlweiß. Von den Rändern des Ringes gingen Strahlen aus, die sich bis auf 3 Grad Abstand erstreckten. Es ist dies, wie man sieht, die von Louville und

Ulloa angeführte Glorie, aber in größerem Maaßstabe. Um zu erfahren, was das Wort Ränder, von denen die leuchtenden Strahlen ausgingen, bedeuten soll, muß man noch die Figur, die Ferrer von der Finsterniß gegeben hat (Fig. 302. S. 480.), zu Hülfe nehmen.

Wir kommen jetzt zu den Beobachtungen von 1842. Die leuchtende Corona, von der zuvor die Rede gewesen, zeigte sich während der Finsterniß vom 8. Juli in ihrem vollen Glanze. Sie bestand aus einer kreisförmigen Zone, welche an den dunklen Mondrand grenzte, und einer zweiten weniger lebhaften, welche die erstere umgab. Das Licht dieser zweiten Zone oder Hülle stufte sich allmälich von innen nach außen ab; das der erstern war fast gleichförmig.

In der Richtung der Linie, welche die beiden Punkte der Sonnenscheibe verband, wo die Verfinsterung derselben begann und wo sie aufhörte, lagen zwei große Strahlenbüschel, die man als Ausdehnungen der zweiten leuchtenden Corona betrachten konnte. Die Büschel waren seitlich durch nach außen concave Curven begrenzt; diese Curven schienen Parabeln zu sein, deren Gipfel, wenn sie verlängert worden wären, den Rand des Mondes berührt hätten. Beim Untersuchen der Strahlenkrone mit freiem Auge erkannte ich deutlich ein wenig links von der Verticalen, welche durch den höchsten Punkt des Mondes ging, einen breiten leuchtenden Flecken, der von verschlungenen Strahlen gebildet ward. Ich kann von diesem ungewöhnlichen Aussehen eine ziemlich richtige Vorstellung geben, wenn ich es mit einem in Unordnung gerathenen, mit einem verwirrten Garnsträhne vergleiche.

Abbé Peytal in Montpellier untersuchte mit vorzüglicher Aufmerksamkeit die leuchtenden Streifen, aus denen die Corona bestand, besonders auf der linken Seite; diese Streifen schienen verschlungen, wie ein Pack Hanfhede. Nach der von Peytal entworfenen Figur waren diese Streifen im Ganzen genommen fast parallel mit dem Rande des Mondes.

In Frankreich wurden die Strahlenbüschel fast überall mit verschiedenen Gestalten gesehen; aber wunderbarer Weise sahen Airy zu Superga in der Nähe von Turin und Baily zu Pavia keine Spur

von denselben oder erwähnen sie wenigstens nicht. Ich setze hinzu, daß nicht weit davon in Mailand das Vorhandensein der Strahlenbüschel bestätigt wurde.

Die divergirenden Strahlen, welche die Corona mit allen ihren Anhängen den Glorien, womit die Maler den Kopf der Heiligen umgeben, ähnlich machen, wurden zu Perpignan (Fig. 303. S. 480) wahrgenommen; diese Strahlen gingen von dem äußern Umfange der ersten kreisförmigen Zone der Corona aus, und verlängerten sich nicht bis zum dunkeln Rande des Mondes. Diese Thatsache ist wichtig für die Theorie.

Ich hatte gehofft, die Astronomen würden 1842 zur Entscheidung bringen, ob die leuchtende Corona mit der Sonne oder mit dem Monde concentrisch war. Wir haben gesehen, daß in dieser Beziehung die Beobachtungen von Halley, Louville, Maraldi, Ferrer einander widersprechen; leider konnten unter den Umständen der Finsterniß von 1842 die zur Entscheidung dieser Frage geeigneten Beobachtungen nicht mit der nöthigen Schärfe angestellt werden, so daß die Frage bis auf einen gewissen Punkt noch unentschieden geblieben ist.

Die zuerst von Ulloa angeführte kreisende Bewegung, welche der Krone mit allen ihren Strahlen Aehnlichkeit mit einer rotirenden Feuerwerkssonne gibt, wurde zu Perpignan nicht wahrgenommen. An andern Orten sah man, wie es scheint, etwas Analoges. Lenthéric sagt, daß zu Montpellier die Corona einigen Personen eine kreisförmige Bewegung zu haben schien, ähnlich wie die eines rotirenden Feuerwerks. Ich muß aber hervorheben, daß in astronomischen Beobachtungen wenig geübte Personen eine ähnliche Bewegung an der auf- oder untergehenden Sonne zu bemerken glauben, wiewohl Nichts dem Aehnliches existirt. Nach Baily schienen die leuchtenden Strahlen, welche die Corona bildeten, wie die einer Gasflamme zu flattern. Zu Lipesk in Rußland änderte sich nach Otto Struve's und Schidlofsky's Angaben das Ansehn der Corona unaufhörlich; sie schien in einem Zustande sehr heftiger Bewegung.

Bei der 1850 zu Honolulu auf den Sandwichsinseln von Kutczycki beobachteten totalen Finsterniß zeigte sich die Corona vollkommen unregelmäßig; sie hatte das Aussehen eines Gestirns mit mehreren un-

gleich von einander abstehenden und verschiedenen langen Armen. Sie war gegen die Ränder des Mondes hin leuchtender, ließ aber weder in ihrer Gesammtheit noch in einem ihrer Theile die Spur eines runden oder rundlichen Saumes, der um beide Gestirne einen Ring bildete, erkennen. Ihr Licht nahm entgegengesetzt dem, was 1842 zu Perpignan so deutlich beobachtet wurde, sehr gleichförmig ab, ohne eine wahrnehmbare plötzliche Aenderung zu zeigen.

Eine Bestimmung, mit welchem der beiden Gestirne die Corona concentrisch lag, war also nicht möglich. Die Corona war in der auf den Rand des Mondes senkrechten Richtung noch durch mehrere Linien oder Striche, die schwärzer als das Uebrige wären, gestreift; diese Striche fanden sich überall, aber in größerer Zahl auf der Westseite des Mondrandes. Das Ganze war vollkommen unbewegt und glich in keiner Beziehung einem kreisenden Feuerwerke. Diese Unbeweglichkeit war so vollkommen, daß einer der dunkeln Striche, der mehr als die übrigen hervortrat, stets von einem und demselben Punkte des westlichen Mondrandes ausging, und zwar von einem durch eine kleine Hervorragung, der einzigen mit dem angewandten Fernrohre sichtbaren, leicht kenntlichen Punkte.

Die beiden längsten Arme der Corona lagen in fast verticaler Richtung, und umspannten bis zu ihrem Ende einen Winkel von 2° 35′; die nach rechts und links gerichteten Arme hatten eine Ausdehnung von 2° 5′.

Wir wollen nun von den Farben der Corona sprechen.

Im Jahre 1842 fand Laugier zu Perpignan die Corona im Fernrohre etwas gelblich; mit freiem Auge erschien sie ihm weiß; Mauvais nannte ihre Farbe schwach gelblich. Pinaud und Boisgiraud versichern, daß zu Narbonne das Licht der Corona ihnen durchaus nicht gefärbt schien; Flaugergues theilt diese Ansicht und gibt die Farbe milchweiß an.

Nach Baily war die Corona zu Pavia vollkommen weiß.

Zu Lipezk, wo dieselbe sich mit einer außerordentlichen Intensität, mit einem blendenden Glanze zeigte, fanden Struve und Schidlofsky ihre Farbe vollständig weiß.

Man darf also annehmen, daß die von Halley in dem Berichte

über die Finsterniß von 1715 angegebenen Regenbogenfarben vom Mangel an Achromatismus des Fernrohres abhingen.

In den Winkelangaben über die Dimensionen der verschiedenen Theile der Corona werden wir keine große Uebereinstimmung antreffen, selbst wenn wir einen guten Theil auf die Fehler rechnen, mit denen die Beobachtungen infolge der bisweilen etwas unsichern Grenzen der zu messenden Objecte behaftet sein können.

Zu Perpignan fand ein Marineofficier, Selva, mit einem Spiegelkreise 3′ für die Breite der inneren leuchtenden Corona. Laugier erhielt mittelst eines getheilten, in dem Brennpunkte eines Fernrohres angebrachten Glases 10′ für den Abstand des Mondrandes vom äußeren, schlecht begrenztem Rande des zweiten leuchtenden Ringes.

Mauvais fand mittelst eines Fadennetzes von derselben Art 2′ für die Breite der inneren Corona; die längsten Strahlen, welche die Glorie bildeten, hatten nach demselben Beobachter vom dunklen Rande des Mondes aus gerechnet, eine dem Durchmesser desselben gleiche Länge, also von ungefähr 33′.

Petit erhielt zu Montpellier mittelst eines getheilten Glases für die Winkelbreiten beider leuchtenden Ringe 8′ 45″.

Zu Toulon fand Regnaud, Marineofficier, durch Messung mit einem Reflexionskreise nur 2′ für die Winkelbreite der inneren Corona.

Baily legte beiden Coronen zusammen, vom Rande des Mondes an gerechnet, eine dem Halbmesser dieses Gestirns gleiche Breite, also eine Breite von 16′ bei.

Airy veranschlangte nach Schätzung die Breite der inneren Corona auf den achten Theil des Monddurchmessers, d. h. auf eine Winkelgröße von ungefähr 4′.

Zu Lipezk betrug nach Otto Struve und Schidlofsky die Breite der Corona vom Rande des Mondes bis zu dem äußeren Umfange, von dem nach allen Richtungen[5]) lange Strahlen ausgingen, 25′. Diese Strahlen hatten, vom Mondrande aus gerechnet, eine Länge bis 3° und sogar 4°.

Wir wollen jetzt sehen, was die Beobachtungen von 1851 den ziemlich unsichern und dunkeln Schlußfolgerungen, die sich über den

Ursprung und das Wesen der leuchtenden Corona aus den frühern Finsternissen herleiten ließen, haben hinzufügen können.

Die divergirenden Strahlen, ähnlich denen, welche die Maler in den Glorien der Heiligen anbringen, sind 1851 fast überall gesehen worden.

Williams verfolgte sie zu Trollhätta mit dem Auge bis zum Mondrande, von wo sie auszugehen schienen.

In Danzig bemerkte Mauvais nach allen Richtungen Bündel weißlichen Lichtes, die an ihrer Basis mit dem Lichte der Corona verschmolzen, ohne sie auf deutliche Weise zu durchsetzen (Fig. 304, S. 480). Diese Strahlen hatten nicht alle dieselbe Breite; die Enden der größten erstreckten sich bis auf ungefähr 30′ vom Mondrande; von in einander gewirrten Strahlen, wie sie 1842 beobachtet wurden, zeigte sich keine Spur.

Nach Goujon zeigten sich unmittelbar nach dem Anfange der totalen Verfinsterung an verschiedenen Punkten der Corona leuchtende Bündel; ihr Ursprung schien in 5′ Abstand vom Mondrande zu liegen. Breiter an ihrer Basis, verlängerten sie sich, indem sie immer spitzer wurden; im Ganzen fanden sie sich ungefähr 30′ vom Umfange des Mondes entfernt. Ihr Licht war merklich weißer als das der Corona.

Die in dem Glanze der Corona beobachtete Unterbrechung, die kreisförmige Theilung, welche in Beziehung auf Lichtstärke die ganze Corona in zwei unterschiedene Ringe theilte, wird von Airy nicht angeführt; dagegen sagt Temple-Chevalier zu Trollhätta ganz bestimmt, daß er in der Corona zwei getrennte Ringe unterschieden habe. Der stärker leuchtende umgab den Mond und besaß 4′ Breite.

Brünnow sah die Corona in zwei an Intensität ungleiche Zonen getheilt. Die leuchtenden divergirenden Strahlen nahmen ihren Ursprung von der dem Monde nächsten oder glänzendsten Zone; der Beobachter gibt indeß nicht genauer an, ob vom Rande oder dem Innern dieser Zone.

In Danzig bemerkte Mauvais nicht die Theilung der Corona in zwei concentrische Coronen, wie im Jahre 1842.

Auf derselben Station erschien Goujon das Licht der Corona

gelborange; seine Intensität nahm von dem Mondrande bis zu den äußersten Gränzen allmälich ab.

Nach Mauvais verminderte sich ebenso wie nach dem vorhergehenden Beobachter das Licht der Corona allmälich vom Mondrande bis zu ihren Gränzen, die von jenem Rande ungefähr 10′ entfernt waren.

Bei der Finsterniß von 1842 sahen einige Personen die Corona einige Secunden vor und nach der totalen Verfinsterung. Diese schon 1715 von Halley gemachte Beobachtung ward 1851 von Hind zu Rävelsberg bestätigt, welcher sagt: „Die Corona war 5 Secunden nach dem Ende der totalen Verfinsterung sichtbar."

Brünnow sah in Frauenburg die Corona mit bloßen Augen einige Augenblicke nach dem Wiedererscheinen der Sonne.

Auf der Ostseite glaubte Otto Struve zu Lomza während der zwei auf das Hervortreten der Sonne folgenden Minuten Spuren der Corona zu sehen. In Danzig bemerkte Goujon die Corona 4 bis 5 Secunden vor dem Verschwinden des letzten Sonnenstrahles.

Als die Astronomen Lahire und de l'Isle eine künstliche Sonnenfinsterniß darstellten, erblickten sie um den dunklen Körper, welcher das Gestirn bedeckte, eine leuchtende Corona, die in einigen Beziehungen derjenigen ähnlich war, welche den Mond bei den natürlichen Verfinsterungen umgibt. Der Versuch der französischen Akademiker geht bis zum Jahre 1715 zurück. Seit dieser Zeit ist man fast allgemein einverstanden gewesen, die beiden Erscheinungen als identisch zu betrachten; die Corona um den Mond war nach der Ansicht der meisten Beobachter eine Folge der Ablenkung, welche die Sonnenstrahlen bei ihrem Nahevorbeigehen an den Kanten und den Grenzflächen der am Rande des Mondes befindlichen Körper erleiden; man hat sie, um mich eines physikalischen Ausdrucks zu bedienen, als eine Wirkung der Beugung oder der Diffraction betrachtet.

Der Schluß ist, wie ich glaube, etwas übereilt gewesen; sollte die künstliche Finsterniß mit Recht mit der natürlichen verglichen werden können, so wäre für den Versuch in dem physikalischen Cabinet erforderlich gewesen, daß, ähnlich dem Monde, der undurchsichtige verdeckende Körper sich im leeren Raume befunden hätte. So wie der Versuch bisjetzt angestellt ist, kann man sich für berechtigt halten, die Ursache

der leuchtenden künstlichen Corona wenigstens zum Theil in dem zerstreuten Lichte zu suchen, welches durch die den undurchsichtigen Körper umgebende Luftschicht nach allen Richtungen verbreitet wurde.

Der leere Raum ist auch noch in andern Beziehungen eine wesentliche Bedingung für den in Rede stehenden Versuch. Es scheint aus verschiedenen Beobachtungen, mit denen übrigens gewisse Beugungserscheinungen im Widerspruch stehen, hervorzugehen, daß die Luft an Dichtigkeit in dem Maaße zunimmt, als man sich der Oberfläche der festen Körper nähert, und daß die Weite, bis auf welche sich diese Condensation erstreckt, sehr merklich ist. Eine am verdeckenden Körper von außen nach innen gerichtete Brechung, in andern Worten, die Entstehung eines leuchtenden Hofes würde die unausbleibliche Folge eines solchen Zustandes der atmosphärischen Schichten sein.

In dem Versuche von de l'Isle, wie in den gewöhnlichen Beugungsversuchen, steht der Beobachter sehr nahe hinter dem undurchsichtigen Körper. Hätte man nicht vor Anwendung der unter solchen Umständen erhaltenen Resultate auf die Vorgänge am Himmel umständlich untersuchen müssen, was eintreten würde, wenn man für die Entfernungen von zwei bis drei Metern die 50000 Meilen setzte, um welche der Mond von der Erde entfernt ist?

Mit Bedauern muß ich sagen, die Nichtübereinstimmung in den an verschiedenen Orten von gleichgeübten Astronomen über die leuchtende Corona bei einer und derselben Finsterniß gemachten Beobachtungen hat dermaßen den Gegenstand verdunkelt, daß es für jetzt nicht möglich ist, zu irgend einem sichern Schlusse über die Ursache der Erscheinung zu gelangen. Will man aus der leuchtenden Corona und allen ihren Anhängen die Atmosphäre der Sonne machen, so werde ich fragen, warum dieselbe nicht an allen Orten, in demselben Augenblicke, in derselben Gestalt und Größe gesehen wird? warum die ganze Corona bisweilen in zwei unterschiedene getheilt ist, während man in andern Fällen nur eine gleichförmige Abstufung im Lichte vom Mondrande bis zu dem Punkte, wo die Erscheinung sich auf dem dunkeln Himmel verliert, wahrnimmt?

Will man andererseits, wie dies Maraldi behauptet, die Ansicht aufstellen, daß die Corona nichts Reelles, sondern das Resultat der

Beugung sei, welche das Licht an den Rändern der an der Grenze der sichtbaren Mondscheibe belegenen Berge erleidet: so muß man nach dieser Annahme erklären, was die gebogenen, und mehr noch, die verschlungenen bei der totalen Finsterniß von 1842 zu Perpignan beobachteten Strahlen sind; muß angeben, warum die Corona einige Zeit vor und nach dem gänzlichen Verschwinden der Sonne gesehen wird, und warum die divergirenden, dunklen oder leuchtenden Strahlen, mit denen die Corona besetzt ist, sich nicht bis zum Mondrande fortsetzen.

Betrachten wir den Versuch von de l'Isle jetzt von einer andern Seite, und sehen wir, welche Bedenken daraus gegen die angenommenen Meinungen gefolgert werden können.

Als de l'Isle in einem dunkeln Zimmer eine künstliche Sonnenfinsterniß darstellte, d. h. als er eine metallische Scheibe, deren Winkeldurchmesser nur sehr wenig den der Sonne übertraf, sich auf die letztere projiciren ließ, sah er nach seiner Angabe einen leuchtenden Ring um das Bild des undurchsichtigen Schirmes. Hat aber das Auftreten eines solchen Ringes wirklich, wie man angenommen, etwas Außergewöhnliches? Haben nicht die Regionen der Atmosphäre, welche die Sonne zu berühren scheinen, einen starken Glanz, welcher sich in der von dem französischen Akademiker angestellten Beobachtung außerhalb der Grenzen der Photosphäre der Sonne, die allein durch den metallischen Schirm wirklich verdeckt wurde, offenbaren mußte? Weit entfernt, über die Entstehung des leuchtenden Ringes zu erstaunen, wäre man vielmehr berechtigt gewesen, sich über das Fehlen eines solchen zu verwundern.

Nimmt man an, daß der weißliche Ring bei den totalen Sonnenfinsternissen von der Sonnenatmosphäre herrührt, warum sieht man denn diesen Ring nicht ebenfalls bei künstlichen Finsternissen dieses Gestirnes? Man kann daher vermuthen, daß der bei de l'Isle's Versuche beobachtete Ring durch das Uebereinanderlegen zweier verschiedenen Ringe gebildet war, deren einer von der Erdatmosphäre, der andere aber von der Sonnenatmosphäre abhing.

Als der französische Akademiker seine Beobachtungen in einem dunkeln Zimmer anstellte, so bemerkte er, daß der den Schatten des verdeckenden Körpers umgebende leuchtende Ring aus mehreren unterschie-

denen, concentrischen und durch schmale dunkle Linien von einander getrennten Ringen bestand. Wenn er in freier Luft beobachtete, so erkannte er nur den innersten dieser Ringe. Wir finden also hier den Ring wieder, der während der Finsterniß von 1842 zu Perpignan beobachtet wurde, und, wenn man will, auch den doppelten von Baily in Italien bemerkten.

Ich will hinzufügen, daß man, falls gewisse Erklärungen, von denen ich sogleich sprechen werde, angenommen werden müßten, zu der Voraussetzung gezwungen sein würde, daß in der äußern Sonnenatmosphäre (Bd. XII. S. 84) mehrere in sehr ungleichen Höhen über der Photosphäre gelegene concentrische Wolkenschichten existirten. Indeß gibt es einen Umstand, aus welchem hervorgeht, daß die weißen concentrischen, vollkommen begrenzten Ringe von einer andern Ursache abhängen; als nämlich de l'Isle in einem dunkeln Zimmer nur eine partiale Sonnenfinsterniß erzeugte, sah er die Ringe sich mit großem Glanze auf den nicht bedeckten Theil der Sonne projiciren.

Gemäß dem, was man 1842 und 1852 beobachtet, hat Swan angenommen, daß die Photosphäre der Sonne von einer durchsichtigen Atmosphäre umgeben sei. Dieser Astronom macht aber noch die weitere Voraussetzung, daß in dieser Atmosphäre in geringer Höhe eine zusammenhängende Schicht leichter Wolken herrsche. Die in dieser Wolkenhülle, welcher Swan, Herschel's Ansichten zufolge, auch die Entstehung der sogenannten Flecken zuschreibt, entstehenden Oeffnungen oder lichten Stellen sollen zur Erklärung der Strahlen jener Glorie dienen, womit die Corona bisweilen besetzt ist. In diesen lichten Stellen findet Swan auch den Grund der Sonnenfackeln und glaubt von ihrer größern Sichtbarkeit nahe am Rande als in der Nähe der Mitte, Rechenschaft geben zu können. Indeß unterliegt diese scharfsinnige Idee mehr als einem Bedenken. Zuerst leuchtet ein, daß in der Höhe der von Swan angenommenen kreisförmigen Wolkenhülle nothwendig eine plötzliche Aenderung der Intensität vorhanden sein müßte, um die Corona in zwei concentrische Zonen von ungleichem Glanze zu theilen; es ist aber 1842 und 1851 das Phänomen der Trennung der leuchtenden Corona in zwei concentrische Coronen nur ausnahmsweise beobachtet worden.

Nimmt man diese Theorie als begründet an, so müßten die jene Glorie bildenden leuchtenden Strahlen sich bis zum äußern Umfange der innern leuchtendsten Corona fortsetzen; im Widerspruche damit behaupten aber mehrere Beobachter, die fraglichen Strahlen gingen von dem äußern Rande der zweiten, der schwächer leuchtenden, der am weitesten vom Monde abstehenden Corona aus. Müßte nicht ferner jeder dieser Strahlen, wenn sie auf die von Swan angegebene Weise entständen, in seiner ganzen Erstreckung, im Widerspruch mit der von Goujon gemachten Beobachtung, fast dieselbe Breite behalten?

Nach Swan's Hypothese müßten die Strahlen der Glorie stets gegen den Mittelpunkt der Sonne convergiren, während nach den zu Perpignan 1842 gemachten Beobachtungen mehrere Strahlen beträchtlich von der auf dem Sonnen- oder Mondumfange normalen Richtung abwichen.

Der schottische Beobachter versucht nicht durch seine Theorie von den im Jahr 1842 so deutlich beschriebenen Büscheln Rechenschaft zu geben, welche seitlich, wie ich schon oben S. 474 erwähnt habe, von krummlinigen Contouren, die sich mehr oder weniger zwei einander ihre convexe Seite zukehrenden Parabeln näherten, begrenzt waren.

Auch muß ich noch hervorheben, daß diese Theorie in keiner Weise die Entstehung der leuchtenden, gänzlich von der Corona abgetrennten und scheinbar aus, wie die Fäden eines verwirrten Garnsträhnes, verschlungenen Lichtstrahlen bestehenden Flecken erklärt.

Professor Feilitzsch in Greifswald sieht in der Corona nur Interferenzwirkungen; er hat hierüber eine Theorie aufgestellt, in welcher er sowohl die directen Beugungsspectra als auch die von ihm sogenannten indirecten zu Hilfe nimmt; indeß scheint diese Theorie, vielleicht aus Mangel an gehöriger Ausführung, von keinem Astronomen angenommen zu sein.

Es ist schließlich möglich, daß das Licht der weißlichen Corona durch das aus einer durchsichtigen, die Photosphäre der Sonne umgebenden Atmosphäre kommende Licht vereinigt mit dem einer künstlichen, durch Beugung gebildeten Corona entsteht; hat man aber wohl zu befürchten, daß es niemals gelingen werde, die gleichzeitige Existenz jener beiden Arten von Licht in dem gesammten Weiß der leuchtenden Corona

zu beweisen? Wird die Frage recht erwogen, so erscheint sie nicht unter einem entmuthigenden Gesichtspunkte; es ist nämlich wahrscheinlich, daß die Polarisationserscheinungen die Mittel zu ihrer Beantwortung liefern werden.

Denn angenommen, das weißliche Licht der Corona zeige bei richtiger Beobachtung merkliche Spuren von Polarisation; da die Polarisation nicht von der Beugung herrühren kann, so ist es unerläßlich, sie dem Lichte zuzuschreiben, das mittelst Reflexion von der durchsichtigen Atmosphäre kommt, womit die Sonne dann unzweifelhaft umgeben sein müßte.

Dies ist der Grund, weshalb ich im Jahr 1842 den Astronomen dringend empfahl, die Corona in Bezug auf Polarisation zu untersuchen. Meine Bitte ist aber nur unvollkommen erfüllt worden.

Airy meldet uns, daß er sich 1851 mit geeigneten Apparaten, um das Vorhandensein polarisirter Strahlen zu erkennen, versehen, aber überrascht durch das Wiedererscheinen der Sonne nicht Zeit gehabt habe, von ihnen Gebrauch zu machen.

Einer seiner Mitarbeiter, Dunkin, sagt, daß er durch Wolken behindert worden sei; daß er zwar versucht habe, Spuren von Polarisation in der Corona aufzufinden, aber ohne Erfolg. Es ist schwierig, zu errathen, welches Verfahren Dunkin bei dieser Untersuchung in Anwendung gebracht hat, besonders, wenn man folgende Stelle seiner Abhandlung liest: „Weder eine Spur von Polarisation noch ein Fehlen von Farben in dem durch ein Prisma gebildeten Spectrum konnte beobachtet werden; das Grün erschien sicherlich ebenso glänzend als die übrigen Farben.“

Carrington, der zu Lilla-Edet beobachtete, berichtet, daß er vor der totalen Verfinsterung auf dem noch nicht bedeckten Theil der Sonne mittelst eines Nichol'schen Prisma keine Spur von Polarisation bemerkt habe, und fügt hinzu: „Ich wandte dasselbe Verfahren einen Augenblick auf die Corona an, aber mit demselben Erfolge.“

Carrington sagt weiter, daß sein Apparat im guten Zustande war, da er auf die Atmosphäre im passenden Abstande von der Sonne gerichtet, das Vorhandensein polarisirter Strahlen anzeigte.

D'Abbadie, der zu Frederiksvaerk beobachtete, behauptet Spuren

von Polarisation in dem Lichte der Corona erkannt zu haben, während er nichts Aehnliches auf der dunkeln Mondscheibe wahrnahm.

Bei der Wichtigkeit des Resultates will ich die eigenen Worte des Beobachters hier anführen: „Ich hatte eine Bergkrystallplatte zwischen Objectiv und Ocular meines Fernrohrs eingeschaltet, und indem ich vor letzteres als Zerleger ein doppelt brechendes Prisma hielt, erkannte ich, daß das Licht der Corona stark polarisirt erschien. Auf der dunkeln Mondscheibe konnte ich keine Spur von Farben unterscheiden; indeß konnten an dieser Stelle die Wolken weniger durchsichtig sein. Ich bedaure sehr, setzt d'Abbadie hinzu, daß diesen Schätzungen durch Messungen mit dem Polariskop, wie Sie es angegeben haben, nicht mehr Sicherheit hat gegeben werden können."

Das Polariskop würde ganz hinreichend gewesen sein, wenn es beim Richten auf die verschiedenen Theile der Corona an verschiedenen Stellen Polarisationen angezeigt hätte. Indeß ungeachtet des Unbestimmten, das ihm anhaftet, scheint mir doch d'Abbadie's Resultat vor denen der englischen Astronomen den gerechten Vorzug zu haben, den man einem positiven Resultate vor einem negativen zuerkennen muß.

Eine bestimmtere Beobachtung in Bezug auf die Polarisation des Lichtes der Corona ist die von Mauvais und mir zu Perpignan im J. 1842 gemachte. In dem über diese Finsterniß gegebenen Berichte (vergl. Bd. 7) habe ich mich folgendermaaßen ausgesprochen:

„Versunken in den Anblick des großartigen Schauspiels, das sich vor uns aufgerollt hatte, und dessen Dauer höchstens $2^1/_4$ Minuten betragen sollte, dachte ich nicht mehr an die Polarisation des Lichtes. Endlich kam mir diese Erscheinung ins Gedächtniß. Nur einige Secunden trennten uns noch von dem Ende der Finsterniß; es gab keine Zeit zu verlieren. Ich ergriff sogleich ein neben mir liegendes Polariskop à lunules (wie das Band 12. Seite 92 beschriebene) reichte Herrn Victor Mauvais ein Savart'sches Polariskop, und schickte mich an, mit meinem Instrumente die Umgebungen der leuchtenden Corona, die Corona selbst, und auch die Gegend der Atmosphäre, welche sich auf die Mondscheibe projicirte, zu untersuchen. Ueberall erblickte ich die beiden Scheiben mit jenen complementären Farben, welche auf untrügliche Weise das Vorhandensein polarisirter Strahlen in dem ganzen

der feinen Analyse des Instrumentes unterworfenen Strahlenbündel anzeigen. Ich hatte nicht Zeit, die Untersuchung weiter zu treiben; es war mir unmöglich, die Stärke der Polarisation in dem von der Corona kommenden Lichte, und in dem den beiden vergleichsweise dunklen Regionen, zwischen denen die Corona glänzte, entsprechenden Lichte numerisch zu bestimmen. Beim Mangel dieser numerischen Bestimmungen habe ich kein Mittel, nach meinen Beobachtungen zu entscheiden, ob das Licht der Corona an und für sich polarisirt war. Was die wahrgenommene Polarisation betrifft, so kann sie Folge der Mischung des atmosphärischen von vielfachen Reflexionen herrührenden Lichtes mit dem directen Lichte der Corona sein. Wenn die Rolle, welche diese vielfachen Reflexionen in der Verbreitung und Polarisation des atmosphärischen Lichtes spielen, nicht schon aus meinen älteren Untersuchungen sich ergäbe, so könnte man ihre ganze Wichtigkeit aus den eben erwähnten Beobachtungen entnehmen. Denn während der ganzen totalen Verfinsterung haben wir die vielfachen oder secundären Reflexionen Licht bis in die Richtung der Gesichtslinien verbreiten sehen, welche ohne Zwischenstellung des Mondes, die Sonne getroffen hätten.

Mauvais hat folgendes beobachtet:

„Während der totalen Verfinsterung richtete ich das sogenannte Savart'sche Polariskop auf den Mond und die Corona, und sah die farbigen Streifen. Das Maximum der Intensität entsprach der horizontalen Lage dieser Streifen; sie waren auf und jenseits der Corona sehr lebhaft; weniger deutlich erschienen sie auf dem Monde selbst; waren aber doch noch gut sichtbar.“

Nehmen wir an, daß keine optische Täuschung sich diesen Schätzungen meines Collegen zugesellen konnte, daß die farbigen Streifen wirklich lebhafter gewesen sind in der Richtung der Corona als in der des Mondes, so wird das Licht dieser Corona an sich haben polarisirt sein müssen.

Vierzehntes Kapitel.

Ueber die rothen Protuberanzen, welche an verschiedenen Punkten des Mondumfangs während der totalen Sonnenfinsternisse bemerkt worden sind.

Wir wollen jetzt zur Betrachtung der rothen Lichterscheinungen übergehen, die bei totalen Sonnenfinsternissen an verschiedenen Punkten des Mondumfanges wahrgenommen worden sind; diese Lichterscheinungen hat man Vorsprünge, Protuberanzèn, Flammen, Wolken, Berge genannt. Ich will mit den während der Finsterniß von 1851 gemachten Beobachtungen beginnen. Die Wichtigkeit der Schlußfolgerungen, zu welchen diese merkwürdigen Phänomene Veranlassung gegeben haben, werden die umständlichen Details, auf welche ich mich einlassen muß, rechtfertigen.

In der Erörterung über die an verschiedenen Orten gemachten Beobachtungen wird es sich vorzugsweise um eine eigenthümliche an der Westseite der Sonne und des Mondes gelegene Protuberanz handeln, deren Aussehen auf der Abbildung der Finsterniß von 1851 (Fig. 304. S. 480.) wiedergegeben ist. Sie schien durch die beiden Schenkel eines beinahe rechten Winkels gebildet zu sein; in der Verlängerung des einen Schenkels lag ein fast kreisförmiger Ball, der vollständig vom Mondrande getrennt war.

In dem Folgenden will ich mittheilen, was ich in den Angaben der englischen Astronomen, die 1851 ihre Beobachtungsorte auf den schwedischen und norwegischen Küsten gewählt hatten, und in den von andern nach Preußen und Polen gegangenen Astronomen abgefaßten Berichten Merkwürdiges finde.

Nach Airy, der zu Gothenburg beobachtete, wuchsen die Protuberanzen des westlichen Randes an Höhe von Beginn der Verfinsterung an; und es wurde selbst wahrgenommen, daß eine anfangs unsichtbare Protuberanz sich dort im Laufe der Verfinsterung bildete. Die östlichen Protuberanzen wurden kleiner, und verschwanden sogar zuletzt.

Die gekrümmte westliche Protuberanz schien in einem Augenblicke vom Mondrande aus gerechnet eine Höhe bis zu drei Minuten zu besitzen; sie war in einem Theile lackroth, im Uebrigen weiß.

An dem Punkte, wo am westlichen Rande die Sonne wieder erscheinen mußte, sah Airy einige Augenblicke vor dem Hervortreten derselben eine lange Reihe kleiner starkrother Protuberanzen, die mit dem Rande des Mondes in Berührung standen, und die Scheibe desselben in einer Erstreckung von 30° umfaßten.

Zu Christianstadt wuchsen nach Humphry die Protuberanzen am westlichen Mondrande allmälich von Anfang der Verfinsterung bis zu ihrem Ende.

Als Dawes zu Rävelsberg die gekrümmte Protuberanz erblickte, stand sie $1^1/_2$ Minute vom Mondrande ab; dieser Abstand vermehrte sich um 2 Minuten. Die östlich gelegenen Protuberanzen von rother Farbe nahmen ab, während die andern wuchsen. Dawes gibt an, daß die gekrümmte Protuberanz carminroth war, und von ihm noch 5 Secunden nach dem Wiedererscheinen der Sonne gesehen wurde.

Zu Rävelsberg maß die gekrümmte Protuberanz, 20 Secunden nach dem Verschwinden der Sonne, 45 Secunden; gegen Ende der Finsterniß fand Hind fast zwei Minuten.

Die Protuberanz war nach dem Hervortreten der Sonne noch sichtbar; ihr unterer Theil berührte die Sonne nicht; zwischen ihrer Basis und dem Rande dieses Gestirns sah man das weiße Licht der Corona.

Hind's Beschreibung weicht von der Angabe mehrerer Astronomen darin ab, daß ihm die gekrümmte Protuberanz an beiden Rändern intensiv roth, in der Mitte blaßroth erschien, während andere Beobachter sie an dem einen Rande roth, und weiß an dem andern sahen.

Der vom Monde getrennte und in der Verlängerung des einen Schenkels der fraglichen Protuberanz liegende Flecken wird von Hind als roth und sich der Dreiecksform nähernd beschrieben.

Lassel beobachtete zu Trollhätta, daß die gekrümmte Protuberanz des westlichen Randes wenige Grade südlich von der Stelle lag, wo er einige Augenblicke vor der Finsterniß eine Gruppe von Flecken wahrgenommen hatte. Die am Ostrande gelegene Protuberanz entsprach fast genau derjenigen Gegend der Sonne, wo er ebenfalls einen anderen schwarzen Flecken bemerkt hatte. Da man indeß Protuberan-

zen auch an solchen Theilen der Sonnenscheibe wahrgenommen hat, die für gewöhnlich nicht von Flecken durchlaufen werden, so bleibt die Ursache selbst dieses Phänomenens ungewiß. Die Höhe der beträchtlichsten unter den Protuberanzen betrug nach Lassel $2^1/_2$ Minuten.

Williams sah zu Trollhätta deutlich die gekrümmte Protuberanz in dem Maaße, als der Mond östlicher wurde, an Ausdehnung zunehmen. Nach demselben Beobachter bemerkte man am Tage nach der Finsterniß einen Flecken am Ostrande der Sonne, welcher dem Punkte entsprach, wo Tags zuvor eine Protuberanz am Mondrande beobachtet worden war.

D'Abbadie, der als Beobachtungsort Frederiksvaerk in der Nähe von Christiania gewählt hatte, waren während der ganzen Dauer der Verfinsterung die ununterbrochen vorhandenen leichten Wolken, welche die Sonnenscheibe bedeckten, hinderlich; indessen beobachtete er nahe an dem Punkte, wo die Sonne eben verschwunden war, einen wellenförmigen, unregelmäßigen, aber sehr deutlichen Saum von tiefrother Farbe in einer Erstreckung von ungefähr 36° an der Mondscheibe; dieser Saum, der 0,3 Minuten Höhe haben mochte, war bald nachher nicht mehr sichtbar.

Galle, der zu Frauenburg in Ostpreußen beobachtete, schienen die Protuberanzen am westlichen Theile beider Scheiben an Ausdehnung zu wachsen; kleine neue Flecken zeigten sich daselbst nach und nach.

Nach Brünnow, der ebenfalls zu Frauenburg beobachtete, verschwand die östlich gelegene Protuberanz beim Vorschreiten der Finsterniß; dagegen wuchs die gekrümmte westlich gelegene an Größe.

Brünnow zieht aus seinen Beobachtungen die wichtige Folgerung, daß die rothen Protuberanzen ein jenseits des Mondes liegendes Phänomen seien; denn er sagt: „für mich ist klar, daß der Mond beim Fortschreiten der Finsterniß die östlichen Protuberanzen bedeckt hat, während die westlichen mehr und mehr hervortraten."

Wolfers, der ebenfalls zu Frauenburg war, bemerkte eine Protuberanz an dem östlichen Rande des Mondes; sie nahm allmälich an Höhe ab; am westlichen Rande bemerkte dieser Astronom die schon vielfach genannte röthliche gekrümmte Protuberanz, und ferner auch

den kleinen vom Rande des Mondes abgetrennten Flecken. Die Entfernung des letzteren vom Rande sowie die Höhe des gekrümmten Hornes nahmen von Beginn bis zum Ende der Finsterniß allmälich zu.

Die nahe an dem Eintrittspunkte gelegenen Protuberanzen waren nach Otto Struve, der zu Lomza beobachtete, weiß; eine Reihe kleiner Protuberanzen verband sie; alle zusammen hatten am Umfange des Mondes eine Ausdehnung von 18°. Im Verlaufe einer Minute, welche O. Struve der Beobachtung dieses Phänomens widmete, verschwanden die kleinen rothen Protuberanzen, und die weißen Flecken, welche das Ganze begränzten, hatten merklich an Höhe verloren.

O. Struve sah den gekrümmten Flecken in der an allen andern Orten angegebenen Form. Als er ihn zum ersten Male beobachtete, war der Abstand des gekrümmten Theils vom Rande des Mondes 79″. Nach Verlauf von 53 Secunden schien derselbe 115″ zu betragen, so daß er sich um 36″ geändert hatte. Während dieser Zeit waren die Protuberanzen am andern Rande entweder ganz und gar verschwunden, oder auf die kleinsten Rudimente reducirt.

Der gekrümmte Flecken und der isolirte in der Richtung des hakenförmigen Theils liegende Ball blieben noch 7,5 Secunden nach dem Hervortreten der Sonne sichtbar.

In den zu Königsberg von Wichmann ausgeführen Beobachtungen findet man merkwürdigerweise, daß die östlichen Protuberanzen röthlich waren, während O. Struve ihnen keine Farbe beilegt; zur Bestimmung des Abstandes des Hakens im westlichen Flecken vom Mondrande bediente sich Wichman des Heliometers, und erhielt ihn zu 86″.

Auffallend ist es, daß Wichmann den runden, gänzlich vom Mondrande getrennten Flecken nicht wahrgenommen, der doch sonst überall, z. B. in Danzig von Mauvais, Goujon u. A. in der Richtung des Hakens gesehen wurde.

Der russische Professor Schweizer glaubt zufolge seiner zu Machnowka im Gouvernement Kiew gemachten Beobachtungen behaupten zu können, daß die Protuberanzen nichts Anderes sind, als die durch die Rotationsbewegung der Sonne über die Gränzen der sichtbaren

Scheibe hinaus geführten Fackeln. Er findet z. B. eine vollständige Aehnlichkeit in der Form zwischen der von Mauvais und Goujon in Danzig gezeichneten gekrümmten Protuberanz und einer Fackel, welche am 27. Juli, dem Tage der Finsterniß, nahe am westlichen Sonnenrande sich zeigte.

Nach Swan nahm die gekrümmte Protuberanz am Sonnenumfange den Ort ein, wo von ihm unmittelbar nach der Verfinsterung eine Gruppe von Flecken 1½ Minute vom Rande bemerkt wurde.

Im Jahre 1842 wurden die rothen Protuberanzen an sehr vielen Orten beobachtet, so zu Perpignan, Montpellier, Narbonne, Toulon, Digne, in der Nähe von Turin, zu Mailand, Padua, Venedig, Wien, Lipezk u. A. Auszüge aus den mir von vielen Astronomen zugesandten Beschreibungen wird man in einem besondern Aufsatze über die Finsternisse finden. Hier begnüge ich mich, die von mir zu Perpignan gemachte Beobachtung anzuführen. Ich sah zwei Protuberanzen (Fig. 303, S. 480), die sich von dem nördlichen Theile zu erheben schienen; keine von beiden hatte eine auf die Mondperipherie senkrechte Richtung; man hätte sie Bergen vergleichen können, die unvermeidlich überstürzen mußten. Die größte der beiden Protuberanzen lag nach Westen, die kleinste nach Osten.

Erst seit 1842 haben diese Erscheinungen lebhaft die Aufmerksamkeit auf sich gezogen. Indeß hatte man schon 1706 einen blutrothen Streifen an dem linken Rande der Mondscheibe wahrgenommen; auch 1733, 1737, 1748, 1806, 1820 und 1836 waren ähnliche Erscheinungen von Short, Ferrer, van Swinden und Bessel beobachtet worden.

Wir wollen nun sehen, welche Folgerungen man aus allen diesen Beobachtungen herleiten kann, und welche Stütze sie für diejenigen Hypothesen abzugeben vermögen, die man zur Erklärung der eigenthümlichen, im Allgemeinen gefärbten Protuberanzen ersonnen hat.

Als vollkommen festgestellte Thatsache darf man betrachten, daß vom Anfang bis zum Ende der totalen Verfinsterung die am westlichen Rande sichtbaren Protuberanzen an Ausdehnung zugenommen haben, während das umgekehrte Phänomen auf der entgegengesetzten Seite beobachtet wurde, gerade als ob der Mond durch seine von West nach

Ost gerichtete Bewegung die östlich von seiner Scheibe gelegenen Objecte mehr und mehr bedeckte, dagegen die westlich gelegenen Gegenstände immer mehr und mehr hervortreten ließ.

Eine nicht weniger merkwürdige, schon bei der Finsterniß von 1842 von einem Beobachter zu Perpignan, Margette, angeführte Thatsache ist die, daß die westlichen Protuberanzen noch einige Secunden nach dem Wiederscheinen der Sonne sichtbar blieben. Diese beiden Thatsachen, besonders aber die Beobachtung der entgegengesetzten Veränderung in der Größe der östlichen und westlichen Protuberanzen zeigen die Unstatthaftigkeit der Theorie, welche die Erscheinung einer Art Luftspiegelung zuschreiben will. Wozu ich noch bemerken muß, daß bei der Annahme einer Luftspiegelung die gekrümmte Protuberanz z. B., deren Hervorragung sicherlich 2′ überstieg, und ebenso der isolirte, in der Verlängerung ihres einen Schenkels gelegene Ball sich infolge der Dispersion der Atmosphäre unter der Gestalt eines prismatischen Spectrums hätten zeigen müssen, also roth an dem einen, violett an dem andern Ende, grün in der Mitte, und von 4″ (?) im Durchmesser.

Unvermuthet von einem nicht erwarteten Phänomen ergriffen, konnten im Jahre 1842 die Astronomen nicht mit Bestimmtheit entscheiden, ob die leuchtenden Protuberanzen an denselben Punkten der Sonnenscheibe erschienen waren, und ob sie überall, wo man sie beobachtet hatte, genau dieselbe Form besaßen. Die im Jahre 1851 angestellten Beobachtungen scheinen in dieser Beziehung alle Zweifel zu heben. Legt man durch die Weltaxe und den Mittelpunkt der Sonne einen Stundenkreis, so wird die Ebene desselben die Scheibe jenes Gestirns in einer Linie schneiden, deren Endpunkt am obern Rande Swan als Nordpunkt bezeichnet. Abgesehen von der eigenen Bewegung der Sonne, war dieser Punkt an jedem Orte im Augenblicke des Durchgangs ihres Mittelpunktes durch die verschiedenen Meridiane der höchste.

Als Swan die über die Lagen der Protuberanzen an den verschiedenen Stationen gemachten Beobachtungen auf jenen Nordpunkt bezog, fand er, daß sie sich an denselben physischen Punkten der Sonnenscheibe gezeigt hatten, welches Resultat völlig mit dem von

andern Astronomen durch eine ähnliche Discussion erhaltenen übereinstimmt.

Die 1851 am westlichen Mondrande sichtbare höchst merkwürdig gekrümmte Protuberanz war ganz besonders zur Entscheidung der Frage geeignet, ob die Protuberanzen mit dem Beobachtungsorte ihre Gestalt ändern. Nun, mit Ausnahme leichter Abweichungen, die man der Schwierigkeit und der kurzen Dauer der Beobachtungen zuschreiben kann, erschien die genannte Protuberanz aus zwei fast einen rechten Winkel mit einander machenden Linien gebildet; die erste derselben stand nahezu senkrecht auf dem Umfange des Mondes, und die zweite lief parallel mit der Tangente an diesem Umfange in dem Punkte, wo die erste ihn traf.

Mehrere der Einwürfe, die man den Theorieen entgegengehalten hat, die den leuchtenden Protuberanzen eine wirkliche Existenz beilegen, verschwinden vor den beiden soeben erwähnten wichtigen Thatsachen. Wenn man die Uebereinstimmung aller dieser Resultate erwägt, so ist es schwer, die mehr oder weniger röthlichen Protuberanzen nicht als materielle, unseren schwebenden Wolken ähnliche Gegenstände in der durchsichtigen Atmosphäre zu betrachten, womit die Sonne, wie ich seit 1846 auch durch andere Beobachtungen (Bd. 12, S. 95) gezeigt habe, umgeben ist.

Ich glaube, daß die in meinem Aufsatze über die Finsternisse angeführten Gründe hinreichen, um darzuthun, daß die Protuberanzen weder Berge sind, noch auch Lichterscheinungen, infolge von Ablenkung der von der Sonne ausgegangenen Strahlen in den am Rande des Mondes vorhandenen Unebenheiten entstanden, daß aber Alles sich durch die Annahme von Wolken, welche in der die Photosphäre der Sonne umgebenden durchsichtigen Atmosphäre schweben, erklärt.

Werfen wir jetzt einen Blick auf die von Swan in den edinburger Philosophical Transactions über diese mysteriösen Phänomene gegebene Theorie.

Nach Swan's Theorie sollen die rothen Protuberanzen Theile der dritten hypothetischen Atmosphäre sein, welche durch den aufsteigenden Strom (courant ascendant) über das allgemeine Niveau gehoben worden sind. Das allgemeine Niveau soll durch jene gefärbten und stark

ausgezackten Bogen bezeichnet werden, die in Betreff der Dichte und Farbe den sogenannten Protuberanzen gleichen, die nach dem Anfange der totalen Verfinsterung am östlichen, kurze Zeit vor dem Ende derselben am westlichen Rande des Mondes gesehen werden, eine Ausdehnung bis zu 50 und 60 Secunden einnehmen, und nach den Beobachtungen von Küntz weder in Berührung mit dem Monde noch mit der Sonne erscheinen.

Ich hatte versucht, von den leuchtenden Protuberanzen Rechenschaft zu geben, indem ich sie mit Wolken verglich, die in einer Atmosphäre schwebten, von welcher ich die Photosphäre der Sonne umgeben annahm. Da Swan ohne Zweifel in meinem Aufsatze über die Finsternisse die Stelle: „Die Finsterniß von 1842 hat uns Anzeichen von einer dritten, oberhalb der Photosphäre gelegenen und aus dunkeln oder schwach leuchtenden Wolken gebildeten Hülle gegeben,“ bemerkt hat, so häuft er gegen Ende seiner Abhandluug Citate auf Citate, um ungeachtet des Positiven, das diese Stelle zu enthalten scheint, zu beweisen, daß ich nicht den Gedanken gehabt hätte, oberhalb der Photosphäre befinde sich eine zusammenhängende Wolkenschicht. Ich bekenne offen, daß die Idee der zusammenhängenden Wolkenschicht Swan eigenthümlich gehört; ich war, mit Recht oder mit Unrecht, nicht der Ansicht gewesen, daß die Wolken, welche er eine so große Rolle spielen läßt, gewöhnlich eine zusammenhängende Schicht um die Photosphäre bildeten.

Die äußere Grenze der leuchtenden Corona würde nach Swan's Hypothese die Region bezeichnen, welche die zusammenhängende Wolkenschicht, die er zur Erklärung sämmtlicher Erscheinungen der totalen Finsternisse nöthig zu haben glaubt, einnimmt. Man müßte also annehmen, daß wenn die Corona nur einfach ist, diese Wolkenschicht sich bis fast zur Berührung mit der Photosphäre der Sonne herabgesenkt hat. Dann würden die langen, farbigen und stark ausgezackten, gekrümmten Bogen erscheinen, welche die Beobachter als einige Augenblicke nach dem Beginne und ebenso vor dem Aufhören der totalen Verfinsterung sichtbar angeben. Nehmen wir aber auch für jetzt einmal an, daß diese großen Auf- und Niederbewegungen der Wolken existirten: warum müßte sich diese Schicht als eine kreisförmige farblose Linie darstellen, wenn sie in großer Höhe wäre, da-

gegen mit Regenbogenfarben und sehr unregelmäßiger Begränzung ihres Randes, wenn sie der Sonne näher läge? Nach Swan sind die Protuberanzen Theile ihrer zusammenhängenden Atmosphäre, die durch den courant ascendant über das allgemeine Niveau gehoben worden sind. Wie hat man aber übersehen können, daß im Jahre 1842 diese Protuberanzen sämmtlich merklich unterhalb der kreisförmigen Linie lagen, welche die Grenzen der leuchtendsten Corona auf der äußeren Corona bezeichnete?

Swan bedient sich der unvollkommen durchsichtigen und zusammenhängenden Atmosphäre, um zu erklären, wie der Rand der Sonne viel weniger leuchtend ist als ihre Mitte. Die Autoritäten, welche er zur Stütze der Ansicht, daß dieser Unterschied im Glanze existire, citirt, sind sicherlich sehr gewichtig; da er indeß keinen wirklichen Versuch anführte, so ist es erlaubt, sie in Zweifel zu ziehen[6]). Ich vermuthe, um ohne Hehl zu reden, sogar, daß Swan seine Atmosphäre zur Erklärung eines Factums braucht, das nicht existirt. Ich beharre daher bei der einfachen Behauptung, daß die dritte Atmosphäre der Sonne, welche es Swan mit mir anzunehmen gefallen hat, gasförmig ist, und in ihr nur Wolken schweben.

Zur Erklärung der Farben, mit welchen die Protuberanzen erscheinen, erinnert Swan an die interessanten Beobachtungen von Forbes über die Färbung, welche man an dem Wasserdampfe in einem der Zustände wahrnimmt, welche derselbe bei seinem Austritte aus einem Recipienten, worin er stark zusammengepreßt gewesen ist, annimmt. Diese Vergleichung ist sehr scharfsinnig; indeß ist es nöthig hervorzuheben, daß Airy eine Protuberanz beobachtet hat, die an beiden Rändern roth, in der Mitte dagegen weiß war; daß endlich derselbe Astronom eine andere bemerkte, die keine Spur einer Färbung zeigte. Auch Otto Struve beobachtete zu Lomza, daß diejenigen Protuberanzen, welche den Punkten, wo der östliche Rand der Sonne wiedererschien, sehr nahe lagen, vollkommen weiß erschienen.

Anmerkungen der deutschen Ausgabe.

Zum zweiundzwanzigsten Buch.

1. S. 444. Außer der im Texte allein angeführten Arbeit von Francis Baily über die Sonnenfinsterniß am Tage der Schlacht am Halys (jenes Astronomen Erstlingsarbeit), ist eine außerordentlich reiche Literatur über dies Ereigniß vorhanden, dessen Feststellung Jahrhunderte hindurch den Scharfsinn und den Fleiß der Chronologen beschäftigt hat. Das von Arago angegebene Datum ist indessen heutzutage nicht mehr als das endgültige zu betrachten, seitdem Hind und Airy, jeder durch eigene Untersuchung, und auf die gegenwärtig gültigen Säcularbewegungen der Mondelemente gestützt, zu dem übereinstimmenden Schlusse gekommen sind, nur die Sonnenfinsterniß vom Jahre 585 vor Chr. erfülle alle Bedingungen. Somit ist man, nach fast zahllosen Arbeiten über diesen Gegenstand, auf dasselbe Jahr zurückgekommen, in welches schon Plinius und Cicero die Finsterniß versetzten, und welches auch Riccioli, Dodwell, Newton u. A. für das allein richtige angesehen hatten. Von neueren Arbeiten kann man unter zahlreichen andern vergleichen Oltmanns in Bode's Astron. Jahrb. für 1823, S. 197 u. ff; 1824 S. 156; Hind und Airy in Monthly Notices of the R. Astr. Soc. Vol. XIII. S. 129.

2. S. 444. Es ist die im zweiten Buche der Schrift De Coelo erwähnte Marsbedeckung; Keppler berechnet das Datum im letzten Kapitel seines Buches De motibus stellae Martis. Eine neuere Berechnung dieser Bedeckung ist nicht bekannt.

3. S. 455. Lemonnier, Legentil und Lalande hatten gleichfalls die bei Mondfinsternissen wegen der Erdatmosphäre nothwendige Vergrößerung des Schattens bestimmt; Tobias Mayer gab die Regel, den berechneten Halbmesser des Schattens um eben soviele Secunden zu vermehren, als derselbe Minuten enthielt. Zu den im Texte erwähnten Mädler'schen Bestimmungen des Vergrößerungscoefficienten kommt noch eine andere desselben Astronomen, welche $^1/_{49,8}$ ergab; vergl. Astron. Nachr. No. 256, 286 und 338.

4. S. 458. Da in dem (später erscheinenden) siebenten Bande dieser Gesammtausgabe eine besondere Abhandlung denjenigen Erscheinungen gewidmet sein wird, deren Wahrnehmung nur bei den seltenen Gelegenheiten erfolgen kann, welche die totalen Verdunkelungen der Sonne bieten, so hat es die deutsche Ausgabe an dieser Stelle unterlassen müssen, dem Texte durch Zusätze dasjenige hinzuzufügen, was etwa an Einzelheiten, die zum Theil wohl nicht unwesentlich sind, vermißt werden könnte. Einige der wichtigsten und erschöpfendsten Berichte über die Totalfinsterniß vom 28. Juli 1851, z. B. der auf Veranlassung der bonner Sternwarte von J. F. Jul. Schmidt verfaßte (Bonn, 4°. 1852), ferner die Publicationen von v. Littrow u. A. haben Arago bei Abfassung dieses Abschnitts seiner Astronomie nicht vorgelegen. Die im Texte vielfach erwähnten Beobachtungen der englischen Astronomen sind im XXII. Bde. der Memoirs of the R. Astr. Soc. (London 1852) gesammelt erschienen.

5. S. 477. Etwas verschieden lautet die angezogene Stelle in O. Struve's Berichte über die zu Lipezk (im Gouvernement Tambow, Großrußland) beobachtete totale Verfinsterung: „Die mittlere Breite dieses Scheines, der eine glänzend weiße Farbe hatte, schätzten beide Beobachter auf ungefähr $^3/_4$ des Monddurchmessers; doch war er durchaus nicht scharf genug begränzt, um die Schätzung mit einiger Sicherheit auszuführen und zu einem Schlusse zu gelangen, ob er concentrisch mit der Sonne oder mit dem Monde war. Sein Aussehen veränderte sich fortwährend, indem er in einer beständigen Wallung begriffen war, wobei sich breite Strahlen von ihm aus auf 3 bis 4 Grad über den Himmel erstreckten.“ Schumacher, Astron. Nachr. No. 470. Bd. XX. S. 229.

6. S. 495. Man wird bemerken, daß die Annahme eines gleichen Glanzes der Sonne an ihren Rändern und in den mittleren Gegenden, anscheinend im directen Widerspruche steht mit der Aufstellung auf S. 150 des XII. Bds. dieser Gesammtausgabe.

Inhaltsverzeichniß

des dreizehnten Bandes.

Seite

Zwanzigstes Buch.

Seite

Einundzwanzigstes Buch.

Zweiundzwanzigstes Buch.

Seite

Verzeichniß der Figuren

des dreizehnten Bandes.

Druckfehler.

S. 1. Z. 1. v. o. statt zweiundzwanzigstes lies zwanzigstes
S. 119. Z. 1. v. o. statt 2. lies 3.
S. 272. Z. 3. v. u. statt a' lies a.
S. 272. Z. 1. v. u. statt b' lies b.

Druck von Otto Wigand in Leipzig.